CIÊNCIA DOS ALIMENTOS

Pesquisa e Aplicações

ORGANIZADORA
Rosana Rodrigues Teixeira Andrade

Editora Poisson

VOLUME 9

Rosana Rodrigues Teixeira Andrade
(Organizadora)

Ciência dos Alimentos
Pesquisa e Aplicações
Volume 9

1ª Edição

Belo Horizonte
Poisson
2026

Editor Chefe: Dr. Darly Fernando Andrade

Conselho Editorial
Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais
MSc. Davilson Eduardo Andrade
Dra. Elizângela de Jesus Oliveira – Universidade Federal do Amazonas
MSc. Fabiane dos Santos
Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia
Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC
Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy
MSc. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A304c
Ciência dos Alimentos: Pesquisa e Aplicações – Volume 9 / Organização: Rosana Rodrigues Teixeira Andrade – Belo Horizonte MG: Editora Poisson, 2026. 129 p.

Formato: PDF
ISBN: 978-65-5866-606-6
DOI: 10.36229/978-65-5866-606-6
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia

1. Tecnologia de Alimentos 2. Nutrição. I. ANDRADE, Rosana Rodrigues Teixeira II. Título

CDD-664

SÔNIA MÁRCIA SOARES DE MOURA – CRB 6/1896

O conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons 4.0.
Com ela é permitido compartilhar o livro, devendo ser dado o devido crédito, não podendo ser utilizado para fins comerciais e nem ser alterado.

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

Esse e outros títulos podem ser baixados gratuitamente em www.poisson.com.br
Entre em contato pelo contato@poisson.com.br

SUMÁRIO

Capítulo 1: Propriedades físicas do grão de milho em condição de produção de malte 06

Beatriz Hebeler Pansiera Gonsales, Halissom Clever Sanches, Bianca Hebeler Pansiera Gonsales, Isabela Cristina Bustamante Gallo, Rafael Negrão Alves Guimarães Gaspar, Marcio Augusto Ribeiro Sanches, Javier Telis-Romero

DOI: 10.36229/978-65-5866-606-6.CAP.01

Capítulo 2: Determinação experimental das propriedades físicas do grão de milho em condições de produção de malte 15

Beatriz Hebeler Pansiera Gonsales, Bianca Hebeler Pansiera Gonsales, Isabela Cristina Bustamante Gallo, Rafael Negrão Alves Guimarães Gaspar, Halissom Clever Sanches, Marcio Augusto Ribeiro Sanches, Javier Telis-Romero

DOI: 10.36229/978-65-5866-606-6.CAP.02

Capítulo 3: Composição química de leites bubalinos, bovinos, caprinos e ovinos 22

Alexsander Saves dos Santos, Iaquine Maria Castilho Bezerra, Marcio Augusto Ribeiro-Sanches, Javier Telis-Romero

DOI: 10.36229/978-65-5866-606-6.CAP.03

Capítulo 4: Comportamento reológico do leite de búfala: influência da temperatura e da concentração 29

Alexsander Saves dos Santos, Beatriz Hebeler Pansiera Gonsales, Marcio Augusto Ribeiro-Sanches, Javier Telis-Romero

DOI: 10.36229/978-65-5866-606-6.CAP.04

Capítulo 5: Estudo de pós-acidificação refrigerada em iogurte com leite tipo A2. 40

Julia Ellen Costa de Lima, Izabely Gomes Oliveira, Daniela Cavalcante dos Santos Campos, Mário Vinícius da Silva Saldanha, Valcileia da Silva Dourado, Andresa Ketle Barauna Ladislau, Anderson do Nascimento Silva

DOI: 10.36229/978-65-5866-606-6.CAP.05

Capítulo 6: Aproveitamento de casca de melão pele de sapo (*Cucumis melo* Santa Claus) na elaboração de sorvete enriquecido com whey protein 49

Raquel Brandão, Jussara Navarini, Kelly de Moraes

DOI: 10.36229/978-65-5866-606-6.CAP.06

Capítulo 7: Efeito de métodos de secagem nos compostos bioativos e características cromáticas de microverdes de rúcula e couve-manteiga 61

Mariane Lobo Ugalde, Gabrielle Portela Zanon, Larissa Pomina de Souza, Tassiane dos Santos Ferrão, Rafael Carneiro de Sousa, Bruna Tischer

DOI: 10.36229/978-65-5866-606-6.CAP.07

SUMÁRIO

Capítulo 8: Uso do mel em processos fermentativos com matérias-primas nativas: avanços e perspectivas tecnológicas 71

Kamila Layse Bezerra de Araújo, Saint Clair Lira Santos, Pahlevi Augusto de Souza, Luan Icaro Freitas Pinto, Patricio Borges Maracajá, Denner Alipio da Silva Lima

DOI: 10.36229/978-65-5866-606-6.CAP.08

Capítulo 9: Indicações geográficas e valorização da identidade regional dos queijos artesanais brasileiros: revisão narrativa 78

Pâmara Virna Carlos de Oliveira, Uliana Karina Lopes de Medeiros

DOI: 10.36229/978-65-5866-606-6.CAP.09

Capítulo 10: Auditoria de qualidade e segurança de alimentos em redes de *fast food*: relato de experiência 91

Aline Araújo Queiroz, Saint Clair Lira Santos, Pahlevi Augusto de Souza, Luan Ícaro Freitas Pinto

DOI: 10.36229/978-65-5866-606-6.CAP.10

Capítulo 11: Impacto sanitário do controle de qualidade no processo de fabricação do gelo: uma revisão da literatura 102

Erika Cristina Lourenço de Oliveira, Uliana Karina Lopes de Medeiros

DOI: 10.36229/978-65-5866-606-6.CAP.11

Capítulo 12: Estudo da qualidade da água de chafarizes moedeiros comercializada no município de Currais Novos-RN 116

Jamyle Grazyella Silva Araújo, Isandra de França Medeiros, Luan Ícaro Freitas Pinto

DOI: 10.36229/978-65-5866-606-6.CAP.12

Autores 125

Capítulo 1

Propriedades físicas do grão de milho em condição de produção de malte

Beatriz Hebeler Pansiera Gonsales
Halissom Clever Sanches
Bianca Hebeler Pansiera Gonsales
Isabela Cristina Bustamante Gallo
Rafael Negrão Alves Guimarães Gaspar
Marcio Augusto Ribeiro Sanches
Javier Telis-Romero

Resumo: A compreensão das propriedades físicas do milho (*Zea mays L.*) é fundamental para o dimensionamento de equipamentos e otimização de processos de manuseio e armazenamento, com especial relevância para a produção de malte. O objetivo principal da pesquisa consistiu na determinação da densidade aparente, densidade real, porosidade e áreas de superfície (do grão e do leito) sob condições de produção de malte. As análises foram conduzidas em amostras com teores de umidade variando de 5,3% a 81,8% em base seca (b.s.). A densidade foi quantificada pelo método de deslocamento de líquidos, utilizando revestimento de parafina nas amostras para evitar a penetração de fluido. Os resultados indicaram que o incremento da umidade promoveu uma redução substancial da densidade aparente, de 707,7 para 591 kg/m^3. De forma análoga, a densidade real decresceu de 1360,2 para 1201 kg/m^3 no mesmo intervalo de hidratação. Simultaneamente, a porosidade do leito sofreu um aumento de 0,480 para 0,508. A expansão volumétrica também refletiu na área de superfície, com a área específica dos grãos reduzindo de 1,30 para 1,06 mm^{-1} e a do leito diminuindo de 0,62 para 0,54 mm^{-1}. Os dados experimentais apresentaram excelente ajuste a modelos matemáticos polinomiais de segundo e terceiro grau. Tais constatações fornecem bases sólidas para o design adequado de maquinários e para o controle rigoroso da qualidade no processamento desta matéria-prima.

Palavras-Chave: Milho (*Zea mays L.*), Densidade, Umidade, Modelagem matemática.

1. INTRODUÇÃO

O milho (Zea mays L.) destaca-se globalmente como um cereal de extrema versatilidade, sendo amplamente cultivado tanto para a alimentação básica quanto como matéria-prima estratégica em diversos setores industriais (Barnwal, Kadam e Singh, 2012; Teutle-Paredes et al., 2026). Embora a cevada seja tradicionalmente o grão mais explorado para a produção de malte, o milho desponta como uma alternativa altamente viável e com enorme potencial para o processo de maltagem, especialmente voltado à formulação de alimentos e bebidas fermentadas (Hernández-Becerra et al., 2020;Teutle-Paredes et al., 2026).

A maltagem induz importantes mudanças físicas, bioquímicas e estruturais nos grãos, consistindo em três etapas fundamentais: a hidratação, a germinação e a secagem (Sologubik *et al.*, 2013). Inicialmente, a hidratação busca elevar a umidade do grão, alcançando tipicamente valores entre 75 e 80 g de água por 100 g de matéria seca, para iniciar o processo germinativo (Carvalho *et al.*, 2018). Na sequência, a germinação promove a ativação e a síntese de enzimas hidrolíticas, a exemplo das proteases e amilases. Estas enzimas são responsáveis por quebrar as reservas de proteínas e amido em compostos solúveis, fornecendo a energia necessária para o desenvolvimento da radícula (Marti *et al.*, 2017). Ao fim desta etapa, obtém-se o chamado "malte verde", que é então submetido à secagem. Este último passo reduz a umidade, inativa as enzimas de forma controlada e garante a estabilidade e conservação do produto final (Polachini *et al.*, 2023).

Como essas operações submetem os grãos a contínuas variações de temperatura e teor de água, as características morfológicas do material sofrem mudanças significativas (Carvalho *et al.*, 2021). Por esse motivo, o conhecimento das propriedades físicas dos grãos é uma etapa essencial para o projeto adequado de equipamentos e para a otimização de operações de manuseio, transporte, armazenamento e processamento (Al-Mahasneh e Rababah, 2007; Barnwal, Kadam e Singh, 2012).

Entre as características físicas de maior relevância estão a porosidade, a área de superfície e as densidades real e aparente. O dimensionamento correto do volume de silos, moegas e sistemas de separação depende fundamentalmente dos valores de densidade (Al-Mahasneh e Rababah, 2007; Sologubik et al., 2013). A partir da relação entre essas duas densidades, é possível determinar a porosidade da massa de grãos. A porosidade do leito dita a resistência ao fluxo de ar e a capacidade de aeração e difusão de vapor de água durante os processos de secagem e hidratação (Al-Mahasneh e Rababah, 2007; Sologubik et al., 2013). Além disso, a área superficial, é uma variável indispensável para modelar as trocas de massa e calor, afetando diretamente a eficiência de operações unitárias como a secagem e a hidratação (Al-Mahasneh e Rababah, 2007; Carvalho et al., 2021).

Desta forma, este estudo tem como objetivo a determinação das propriedades físicas do grão de milho, com foco na densidade aparente, densidade real, porosidade, área de superfície e área, sob condições de produção de malte, visando fornecer dados essenciais para o design de maquinários e o controle de qualidade do processamento desta promissora matéria-prima.

1.2. MATERIAIS E MÉTODOS

1.2.1. MATÉRIA-PRIMA E PREPARAÇÃO

Os grãos de milho (*Zea mays L.*) passaram inicialmente por processos de limpeza e seleção manual, visando a retirada de impurezas, materiais indesejados e grãos danificados ou quebrados. Em seguida, a matéria-prima foi armazenada em sacos de polietileno e mantida em câmara refrigerada a 5 °C até sua utilização, com o objetivo de conservar suas propriedades. O teor de água inicial ($\boldsymbol{M_i}$) foi determinado pelo método gravimétrico em estufa a 105 °C até atingir massa constante, sendo as análises realizadas em triplicata. O valor obtido para a umidade inicial foi de 5,3% em base seca (b.s.).

Para a obtenção das diferentes condições experimentais, foram preparadas amostras com teores de umidade variando entre 5,3% e 81,8% (b.s.), por meio da adição de volumes previamente calculados de água destilada (Sologubik, et al., 2013). Essa faixa foi definida por contemplar as condições típicas da etapa de hidratação na produção de malte, na qual os grãos atingem cerca de 45% em base úmida (Hernández-Becerra, et al., 2020), correspondente a 81,8% em base seca.

No preparo das amostras, aproximadamente 100 g de grãos foram pesados e acondicionados em sacos plásticos herméticos. Em seguida, adicionou-se a quantidade de água necessária para cada nível de umidade por meio de pulverização. Posteriormente, as amostras foram armazenadas em câmara refrigerada a 5 °C por sete dias, com homogeneização periódica para assegurar a distribuição uniforme da umidade.

Duas horas antes das medições, as amostras foram retiradas da câmara refrigerada para equilibrar com a temperatura ambiente. Considerando a faixa de umidade alcançada durante a hidratação para produção de malte, as propriedades físicas foram determinadas em triplicata para os teores de 5,3; 11,1; 25,0; 33,3; 42,9; 53,8 e 81,8% em base seca. Esses níveis foram obtidos pela adição de volumes múltiplos de 5 mL de água destilada às amostras.

1.2.2. PROPRIEDADES FÍSICAS DO LEITO DE GRÃOS

A densidade real ($\boldsymbol{\rho_t}$) do milho em diferentes teores de umidade foi determinada pelo método de deslocamento de líquidos, conforme descrito por Gabas et al., 2005, utilizando água como meio de imersão. Para evitar a penetração do fluído nos poros dos grãos, as amostras foram previamente revestidas com uma película de parafina sólida, insolúvel em água.

Para cada condição experimental, foram utilizados aproximadamente 90g do sistema milho-parafina (MiPa), composto por cerca de 65g de milho e 25g de parafina. As massas foram determinadas em balança semi-analítica e o volume do sistema MiPa foi obtido por deslocamento de fluído.

Inicialmente, as amostras de milho foram condicionadas ao teor de umidade desejado e pesadas ($\boldsymbol{m_{Mi} = 65 \pm 0,003}$). A parafina foi aquecida até sua fusão ($\boldsymbol{\approx 61°C}$), e as amostras foram totalmente submersas para recobrimento, sendo posteriormente resfriadas para solidificação em temperatura ambiente. Após o resfriamento, determinou-se a massa total do sistema milho-parafina ($\boldsymbol{m_{MiPa}}$), e a massa de parafina ($\boldsymbol{m_{Pa}}$) foi obtida por diferença:

$$m_{MiPa} = m_{Mi} + m_{Pa} \quad (1)$$

$$m_{Pa} = m_{MiPa} - m_{Mi} \quad (2)$$

A densidade da parafina sólida foi obtida experimentalmente em função da temperatura, utilizando o mesmo método de deslocamento de líquido descrito por Gabas *et al*. (2005), resultando na relação empírica apresentada na Equação (3)

$$\rho_{Pa} = 0{,}935 - 1{,}851 \times 10^{-4} \times T \quad (3)$$

Onde $\boldsymbol{\rho_{Pa}}$ é expresso em g/cm^3 e T em °C. O volume de parafina ($\boldsymbol{V_{Pa}}$) foi calculado pela Equação 4.

$$V_{Pa} = \frac{m_{Pa}}{\rho_{Pa}} \quad (4)$$

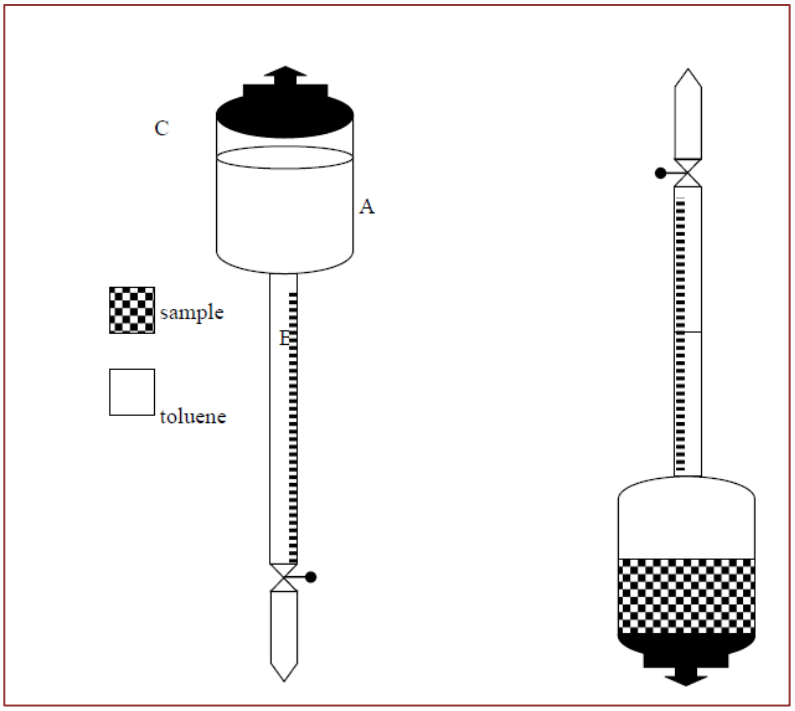
O volume deslocado total ($\boldsymbol{V_{disp}}$) pelo sistema MiPa foi medido por deslocamento de água, com precisão de 0,05 mL. O volume do milho ($\boldsymbol{V_{Pa}}$) foi obtido por:

$$V_{Mi} = V_{disp} - V_{Pa} \quad (5)$$

As leituras foram realizadas em um aparato semelhante ao descrito por Gabas *et al*. (2011) (Figura 1). O sistema é constituído por um compartimento cilíndrico "A", destinado à acomodação da amostra revestida com parafina, acoplado a uma bureta graduada "B" de 100 mL (Pyrex®, resolução de 0,05 mL), utilizada para quantificação do volume deslocado. O compartimento "A" pode ser hermeticamente vedado por uma tampa "C", confeccionada em tecnil, evitando a entrada ou saída de líquido durante a medição.

Para a determinação do volume deslocado, o aparato foi preenchido com água em quantidades suficiente para eliminar bolhas de ar no sistema. Em seguida, o equipamento foi invertido duas vezes: inicialmente sem a amostra e, posteriormente, com o sistema milho-parafina totalmente submerso no compartimento "A". O deslocamento de volume foi obtido diretamente pela diferença de leitura na bureta "B".

Figura 1 – Aparato experimental utilizado para a determinação do volume



Fonte: Gabas et al., 2005.

Por fim, a densidade real do milho foi calculada pela Equação (6)

$$\rho_t = \frac{m_{Mi}}{V_{Mi}} \quad (6)$$

A densidade bulk foi determinada pela relação entre a massa de grãos que ocupa o volume fixo de um frasco (80 mL) a 25°C.

A porosidade (ε) do leito de grãos de cevada, definida como porção do volume do leito que não é ocupada pelos grãos, foi calculada em termos de porcentagem pela seguinte equação (Mohsenin, 1970).

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_b}{\rho_t} \quad (7)$$

A área de superfície específica dos grãos de milho ($\boldsymbol{S_{SP}}$) é definida como a razão entre a área superficial da partícula e o seu volume. No caso de uma partícula esférica, com diâmetro $\boldsymbol{D_g}$, a área superficial específica pode ser calculada pela seguinte equação:

$$S_{SP} = \frac{6}{D_g} \quad (8)$$

A área de superfície específica do leito foi calculada correlacionando-se a superfície específica dos grãos de milho ($\boldsymbol{S_{SP}}$) com a porosidade do leito de grãos de milho (ε), conforme descrito pela Equação 13.

$$S_{SB} = \varepsilon \times S_{SP} \quad (9)$$

1.2.3. PROCEDIMENTOS DE AJUSTE E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todos os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) utilizando o software OriginPro 9, e a presença de diferença significativa entre as médias foi avaliada pelo teste de Tukey, considerando um nível de confiança de 95%. A qualidade do ajuste dos modelos matemáticos foi avaliada por meio do coeficiente de determinação ajustado ($\boldsymbol{R^2_{adj}}$) e do erro quadrático médio (RMSE).

As propriedades avaliadas foram representadas graficamente em função do teor de umidade dos grãos, e os dados experimentais foram ajustados a uma equação polinomial genérica (Equação 5), utilizada para descrever o comportamento observado para cada variável.

$$Variável\ \alpha\ (U) = \alpha_0 + \alpha_1 U + \alpha_2 U^2 + \alpha_3 U^3 \quad (10)$$

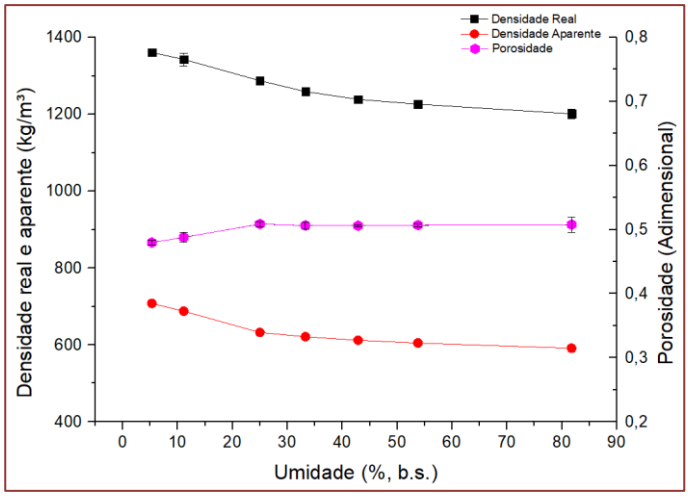
1.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

1.3.1. PROPRIEDADES FÍSICAS DO GRÃO

O Gráfico 1 apresenta a evolução da densidade aparente (ρ_b), da densidade real (ρ_t) e da porosidade (Ɛ) do leito de grãos de milho em função da umidade. Observou-se que a elevação do teor de umidade de 5,3% para 81,8% (b.s.) provocou um decréscimo na densidade aparente de 707,7 para 591 kg/m^3. Um comportamento análogo foi verificado para a densidade real, que reduziu de 1360,2 para 1201 kg/m^3 no mesmo intervalo de umidade. Resultados similares de redução das densidades aparente e real em grãos de milho, para umidades entre 14,68 e 40,85% (b.s.), foram reportados por Barnwal, Kadam e Singh (2012).

A maior magnitude dos valores de densidade real em comparação à densidade aparente é esperada, uma vez que esta última considera os espaços vazios entre os grãos. Considerando a relevância desses vazios, a porosidade foi determinada a partir dessas densidades, apresentando aumento de 0,480 para 0,508 ao longo do intervalo de umidade analisado. Esse comportamento pode ser explicado pelo fato de que, com a absorção de água, os grãos sofrem expansão volumétrica, reduzindo a quantidade de partículas acomodadas no leito. Como esse aumento de volume não é proporcional à redução do número de grãos, ocorre um incremento inicial da porosidade. Em estágios mais avançados de hidratação, a água passa a ocupar predominantemente os poros internos do grão, sem provocar aumento significativo de volume, o que tende a reduzir a porosidade intragranular e, consequentemente, levar a uma estabilização ou leve diminuição da porosidade total, aproximando-se dos valores observados para grãos não hidratados (Carvalho *et al.*, 2021).

Gráfico 1 – Efeito da umidade nas dimensões principais

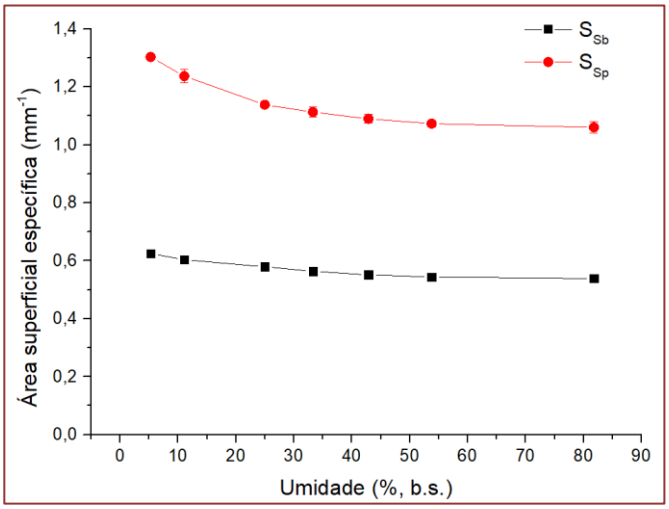


Fonte: Elaboração própria (2026).

Os dados experimentais de densidade real do leito de grãos foram bem representados por um modelo polinomial de segundo grau, enquanto a densidade aparente e a porosidade apresentaram melhor ajuste a modelos de terceiro grau, cujos parâmetros estão apresentados na Tabela 1.

A área de superfície específica dos grãos (S_{Sp}) também demonstrou sensibilidade ao grau de hidratação, reduzindo de 1,30 para 1,06 mm^{-1}. De forma equivalente, a área de superfície específica do leito (S_{Sb}) decresceu de 0,62 para 0,54 mm^{-1}, conforme ilustrado no Gráfico 2. Essa redução está associada ao aumento dimensional dos grãos em todas as direções, o que resulta em menor quantidade de partículas por unidade de volume do leito e, consequentemente, menor área superficial disponível. Tendência semelhante foi observada por Carvalho et al. (2021) para grãos de cevada na faixa de umidade de 12,68 a 80,28% (b.s.).

Gráfico 2 – Efeito da umidade nas dimensões principais



Fonte: Elaboração própria (2026).

Os dados experimentais de área de superfície específica dos grãos e do leito foram adequadamente descritos por modelos polinomiais de segundo grau. Os parâmetros obtidos no ajuste, apresentados na Tabela 1, evidenciam a boa capacidade preditiva dos modelos em função do teor de umidade.

Tabela 1 – Parâmetros de ajuste da função polinomial para as propriedades físicas dos grãos de milho em função do teor de umidade

Parâmetros	Parâmetros					
	α_0	α_1	α_2	α_3	R^2	RMSE
ρ_t (kg/m^3)	**1382,9**	**−4,552**	**0,029**	–	**0,991**	**0,584**
ρ_b (kg/m^3)	**743,9**	**−6,315**	**0,096**	$-5,037 \times 10^{-4}$	**0,979**	**1,782**
ε	**0,467**	**0,003**	$-5,621 \times 10^{-5}$	$3,722 \times 10^{-7}$	**0,913**	**0,894**
S_{Sp}	**1,353**	**−0,011**	$9,323 \times 10^{-5}$	–	**0,977**	**2,012**
S_{Sb}	**0,638**	**−0,003**	$2,174 \times 10^{-5}$	–	**0,987**	**0,917**

Fonte: Elaboração própria (2026).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de hidratação do milho para a produção de malte afeta profundamente as características físicas do grão e do leito à medida que o teor de umidade aumenta. A absorção de água provoca a expansão volumétrica das partículas, resultando em uma redução tanto na densidade aparente quanto na densidade real. Esse mesmo fenômeno de expansão leva ao aumento da porosidade do leito e à diminuição das áreas de superfície específica dos grãos e do leito, uma vez que o crescimento dimensional reduz a quantidade de partículas que podem ser acomodadas em uma mesma unidade de volume.

Além disso, os resultados evidenciam que o comportamento físico do milho em diferentes níveis de hidratação pode ser previsto com alta precisão através do ajuste a modelos matemático polinomiais de segunda e terceira ordem. A obtenção e a modelagem desses dados são fundamentais para a aplicação industrial, pois fornecem os parâmetros essenciais para o dimensionamento adequado de equipamentos, como silos e moegas, e garantem a otimização da resistência ao fluxo de ar e das trocas de calor e massa, fatores indispensáveis para as etapas de hidratação e secagem na maltagem.

REFERÊNCIAS

[1] AL-MAHASNEH, M. A.; RABABAH, T. M. Effect of moisture content on some physical properties of green wheat. **Journal of Food Engineering**, v. 79, n. 4, p. 1467–1473, abr. 2007.

[2] BARNWAL, P.; KADAM, D. M.; SINGH, K. K. **Influence of moisture content on physical properties of maizeInternational Agrophysics**, 2012.

[3] CARVALHO, G. R. *et al.* Physical properties of barley grains at hydration and drying conditions of malt production. **Journal of Food Process Engineering**, v. 44, n. 4, 1 abr. 2021.

[4] CARVALHO, G. R. DE *et al.* Effect of intermittent high-intensity sonication and temperature on barley steeping for malt production. **Journal of Cereal Science**, v. 82, p. 138–145, 1 jul. 2018.

[5] GABAS, A. L. *et al.* **Changes of density, thermal conductivity, thermal diffusivity, and specific heat of plums during dryingInternational Journal of Food Properties**, 2005.

[6] HERNÁNDEZ-BECERRA, E. *et al.* Physicochemical and morphological changes in corn grains and starch during the malting for Palomero and Puma varieties. **Cereal Chemistry**, v. 97, n. 2, p. 404–415, 1 mar. 2020.

[7] MARTI, A. *et al.* Sprouted wheat as an alternative to conventional flour improvers in bread-making. **LWT**, v. 80, p. 230–236, 1 jul. 2017.

[8] MOHSENIN, N. N. **PHYSICAL PROPERTIES CF PLANT AND ANIMAL MATERIALS**. New York: [s.n.].

[9] POLACHINI, T. C. *et al.* Pulsed electric field (PEF) application on wheat malting process: Effect on hydration kinetics, germination and amylase expression. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 86, 1 jun. 2023.

[10] SOLOGUBIK, C. A. *et al.* Effect of moisture content on some physical properties of barley. **Industrial Crops and Products**, v. 43, n. 1, p. 762–767, maio 2013.

[11] TEUTLE-PAREDES, J. G. *et al.* The Role of Physicochemical Properties of Maize in Shaping the Amylolytic and Proteolytic Dynamics of Malts. **Food and Bioprocess Technology**, v. 19, n. 1, 1 jan. 2026.

Capítulo 2

Determinação experimental das propriedades físicas do grão de milho em condições de produção de malte

Beatriz Hebeler Pansiera Gonsales
Bianca Hebeler Pansiera Gonsales
Isabela Cristina Bustamante Gallo
Rafael Negrão Alves Guimarães Gaspar
Halissom Clever Sanches
Marcio Augusto Ribeiro Sanches
Javier Telis-Romero

Resumo: O milho (*Zea mays* L.) é um dos cereais mais produzidos mundialmente e apresenta ampla aplicação em diferentes setores industriais, especialmente devido ao seu elevado teor de amido. Durante processos tecnológicos, como a produção de malte, os grãos são submetidos a variações significativas de umidade, o que pode alterar suas propriedades físicas e influenciar operações unitárias como transporte, secagem, moagem e armazenamento. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo determinar experimentalmente as propriedades físicas de grãos de milho em diferentes teores de umidade. Os grãos foram submetidos à limpeza e seleção, sendo posteriormente preparados com teores de umidade variando de 5,3 a 81,8% em base seca (b.s.) por meio da adição controlada de água destilada. Após a homogeneização da umidade, foram determinadas as dimensões principais dos grãos (comprimento, largura e espessura) utilizando paquímetro. A partir dessas medidas, foram calculados o diâmetro médio aritmético, o diâmetro médio geométrico, a esfericidade e a área de superfície equivalente. Os dados experimentais foram analisados por meio de análise de variância e ajustados a modelos polinomiais em função do teor de umidade. Os resultados indicaram que o aumento da umidade promoveu expansão em todas as dimensões dos grãos, com variações de 7,90 a 8,79 mm para o comprimento, de 5,07 a 6,12 mm para a largura e de 2,44 a 3,37 mm para a espessura. Os diâmetros médios, a esfericidade e a área de superfície também apresentaram incremento com o aumento da umidade. Os modelos ajustados apresentaram coeficientes de determinação superiores a 0,9, indicando bom ajuste aos dados experimentais. Assim, os resultados evidenciam a influência do teor de umidade nas propriedades físicas dos grãos de milho, fornecendo informações relevantes para o dimensionamento e a otimização de equipamentos e processos industriais.

Palavras-Chave: Milho (*Zea mays* L.), Propriedades físicas, Umidade, Modelagem matemática.

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays L.*) destaca-se entre os cereais produzidos mundialmente, sendo o mais cultivado em termos de volume (FAO, 2026). Esse amplo cultivo está associado à sua elevada versatilidade de aplicação em diferentes setores industriais, como as indústrias alimentícia, farmacêutica, química e agrícola. Tal versatilidade relaciona-se, principalmente, à alta concentração de amido presente em seus grãos (Li, *et al*., 2025).

Entre suas diversas aplicações, o milho também é utilizado na produção de bebidas alcoólicas. Nessa finalidade, os grãos podem ser transformados em malte por meio de um processo tecnológico que envolve germinação controlada seguida de secagem. Esse processo resulta em um material rico em açúcares fermentescíveis, amplamente empregado na fabricação de cervejas e destilados, como o uísque (Hernández-Becerra, *et al*., 2020). Adicionalmente, o malte de milho apresenta a vantagem de ser naturalmente isento de glúten, constituindo uma alternativa ao malte de cevada para consumidores com restrições alimentares, como indivíduos com doença celíaca (Anju, Bhushan e Kocher, 2024).

O processo de malteação envolve uma sequência de etapas que promovem importantes alterações estruturais e bioquímicas nos grãos. Tradicionalmente, essas etapas são divididas em hidratação, germinação e secagem. A hidratação tem como objetivo elevar o teor de água dos grãos a níveis adequados para o início da germinação, geralmente entre 75 e 80 g de água por 100 g de matéria seca (Carvalho, *et al*., 2018). Na etapa subsequente, a germinação desencadeia a ativação de enzimas hidrolíticas, como amilases e proteases, responsáveis pela conversão das reservas de amido e proteínas em frações solúveis, necessárias para o crescimento da radícula (Marti, *et al*., 2017). Após atingir o estágio desejado de desenvolvimento, o material germinado, denominado malte verde, é submetido à secagem, etapa que promove a inativação enzimática seletiva e contribui para a estabilidade do produto final (Polachini, *et al*., 2023).

Durante essas etapas, os grãos são submetidos a diferentes condições de umidade, o que pode provocar modificações em suas propriedades físicas. Essas alterações influenciam diretamente o comportamento dos grãos em diversas operações unitárias presentes no processamento industrial (Carvalho, *et al*., 2021). Nesse sentido, a caracterização dessas propriedades torna-se fundamental para o adequado dimensionamento e para a eficiência de equipamentos utilizados em operações como transporte, manuseio, separação, secagem, moagem e armazenamento (Bhise, *et al*., 2014).

Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar as propriedades físicas dos grãos de milho e do leito de grãos de cevada ao longo de uma ampla faixa de teores de umidade, representativa das condições observadas durante os processos de hidratação e secagem. A partir dos dados experimentais obtidos, buscou-se desenvolver modelos matemáticos capazes de fornecer subsídios para o projeto e a otimização de processos e equipamentos industriais.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. MATÉRIA-PRIMA E PREPARAÇÃO

Os grãos de milho (*Zea mays L.*) foram inicialmente submetidos a etapas de limpeza e seleção manual, com o objetivo de remover materiais estranhos, impurezas e grãos quebrados ou danificados. Após esse processo, a matéria-prima foi acondicionada em

sacos de polietileno e armazenada em câmara refrigerada a 5 °C até o momento da utilização, de modo a preservar suas características. O teor de água inicial ($\boldsymbol{M_i}$) dos grãos foi determinado pelo método gravimétrico em estufa a 105 °C até massa constante, com as análises realizadas em triplicata. O teor de umidade inicial obtido foi de 5,3% em base seca (b.s.).

Para a obtenção das diferentes condições experimentais, foram preparadas amostras com teores de umidade variando de 5,3% a 81,8% (b.s.), por meio da adição de quantidades predeterminadas de água destilada (Sologubik, *et al*., 2013). Essa faixa de umidade foi definida por abranger as condições observadas durante a etapa de hidratação na produção de malte, na qual os grãos são hidratados até aproximadamente 45% em base úmida (Hernández-Becerra, *et al*., 2020), valor equivalente a 81,8% em base seca.

Para o preparo das amostras, aproximadamente 100 g de grãos foram pesados e acondicionados em sacos plásticos herméticos. Em seguida, a quantidade de água correspondente a cada nível de umidade foi adicionada por pulverização. Posteriormente, os sacos contendo as amostras foram armazenados em câmara refrigerada a 5 °C por um período de uma semana, sendo os grãos misturados periodicamente a fim de garantir a distribuição homogênea da umidade.

Duas horas antes do início das medições, as amostras foram retiradas da câmara refrigerada para que atingissem equilíbrio com a temperatura ambiente. Considerando a faixa de umidade atingida pelos grãos durante o processo de hidratação para produção de malte, todas as propriedades físicas foram determinadas em triplicata para os teores de umidade de 5,3; 11,1; 25,0; 33,3; 42,9; 53,8 e 81,8% em base seca (b.s.). Esses níveis de umidade foram obtidos pela adição de volumes múltiplos de 5 mL de água destilada às amostras.

2.2. PROPRIEDADES FÍSICAS DOS GRÃOS

O tamanho e a forma dos grãos foram determinados a partir da seleção aleatória de dez grãos por amostra, totalizando cinquenta unidades analisadas para cada teor de umidade, conforme a metodologia descrita por Sologubik, *et al*., (2013). Para cada grão, três dimensões ortogonais foram medidas utilizando um paquímetro com resolução de 0,05 mm. As dimensões avaliadas corresponderam ao comprimento (C), à largura (L) e à espessura (E).

Com base nessas medidas, foram calculados o diâmetro médio aritmético ($\boldsymbol{D_a}$) e o diâmetro médio geométrico ($\boldsymbol{D_g}$), de acordo com as definições propostas por Mohsenin, (1970).

$$D_a = \frac{C + L + E}{3} \tag{1}$$

$$D_g = (CLE)^{1/3} \tag{2}$$

A esfericidade (ϕ) dos grãos de milho foi determinada a partir da relação entre suas três dimensões principais - comprimento, largura e espessura - expressas em milímetros, conforme a correlação proposta por Mohsenin (1970).

$$\phi = \left| \frac{(CLE)^{1/3}}{L} \right| \quad (3)$$

A área de superfície equivalente ($\boldsymbol{A_S}$) foi estimada com base no diâmetro médio geométrico, considerando a aproximação do grão à forma esférica. Para esse cálculo, foi utilizada a Equação (4), de acordo com o procedimento descrito por Sologubik, *et al.*, (2013).

$$A_s = \pi D_g^2 \quad (4)$$

2.3. PROCEDIMENTOS DE AJUSTE E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todos os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) utilizando o software Statistica 7.0 (Statsoft Inc., EUA), e a presença de diferença significativa entre as médias foi avaliada pelo teste de Tukey, considerando um nível de confiança de 95%. A qualidade do ajuste dos modelos matemáticos foi avaliada por meio do coeficiente de determinação ajustado ($\boldsymbol{R^2_{adj}}$) e do erro quadrático médio (RMSE).

As propriedades avaliadas foram representadas graficamente em função do teor de umidade dos grãos, e os dados experimentais foram ajustados a uma equação polinomial genérica (Equação 5), utilizada para descrever o comportamento observado para cada variável.

$$Variável\ \alpha\ (U) = \alpha_0 + \alpha_1 U + \alpha_2 U^2 + \alpha_3 U^3 \quad (5)$$

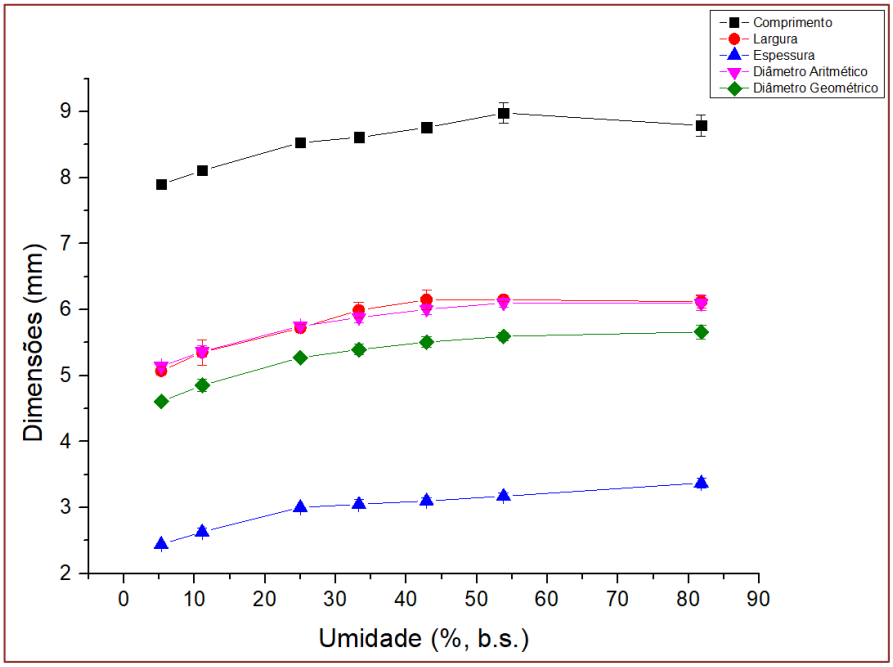
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. PROPRIEDADES FÍSICAS DO GRÃO

As dimensões dos grãos de milho (*Zea mays L.*) aumentaram com a elevação do teor de umidade de 5,3 para 81,8% (b.s.). O comprimento (C) variou de 7,90 a 8,79 mm, com desvio padrão máximo de 0,16 mm, enquanto a largura (L) variou de 5,07 a 6,12 mm e a espessura (T) de 2,44 a 3,37 mm. Em termos relativos, observou-se expansão de 10,13% no comprimento, 17,16% na largura e 27,60% na espessura. Esses resultados indicam que, embora todas as dimensões tenham aumentado durante o processo de hidratação, o crescimento ocorreu de maneira não proporcional entre elas.

Os diâmetros médios aritmético ($\boldsymbol{D_a}$) e geométrico ($\boldsymbol{D_g}$) também apresentaram aumento com a elevação do teor de umidade de 5,3 para 81,8% (b.s.), passando de 5,14 para 6,09 mm e de 4,61 para 5,66 mm, respectivamente. Esses incrementos correspondem a variações aproximadas de 16 a 19% nos diâmetros, comportamento consistente com as variações observadas para comprimento e largura. O efeito do teor de umidade sobre as dimensões principais dos grãos é apresentado no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Efeito da umidade nas dimensões principais



Fonte: Elaboração própria (2026).

Resultados semelhantes foram relatados na literatura. Barnwal, *et al*., (2012) observaram aumento nas dimensões de grãos de milho na faixa de umidade de 14,68 a 40,85% (b.s.), enquanto Gabriela John, Prema, (2016) verificaram comportamento semelhante entre 8,7 e 21,7% (b.s.). Tendência análoga também foi reportada para outros grãos, como cevada (Carvalho, *et al*., 2021), soja (Kibar & Öztürk, 2008) e grão-de-bico (Sayar, Turhan & Köksel *et al*., 2016).

Considerando o comportamento observado, os dados experimentais foram ajustados por meio de equações polinomiais de segunda ordem (Tabela 1). As equações apresentaram desempenho satisfatório na estimativa das dimensões avaliadas, com coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,9 e valores de RMSE inferiores a 3. A esfericidade e a área de superfície, calculadas a partir das dimensões características dos grãos, também apresentaram aumento com a elevação do teor de umidade. A esfericidade variou de 0,583 a 0,644, enquanto a área de superfície equivalente apresentou variação de 66,64 a 100,71 mm^2 ao longo da faixa de umidade estudada.

Tabela 1 – Parâmetros de ajuste da função polinomial para as dimensões principais dos grãos de milho em função do teor de umidade

Medidas Principais	Parâmetros				
	α_0	α_1	α_2	R^2	RMSE
Comprimento	**7,724**	**0,038**	$\mathbf{-3,075 \times 10^{-4}}$	**0,982**	**0,725**
Largura	**4,877**	**0,041**	$\mathbf{-3,263 \times 10^{-4}}$	**0,992**	**0,617**
Espessura	**2,262**	**0,037**	$\mathbf{-3,117 \times 10^{-4}}$	**0,973**	**2,801**
Diâmetro Aritmético	**4,939**	**0,040**	$\mathbf{-3,302 \times 10^{-4}}$	**0,995**	**0,750**
Diâmetro Geométrico	**4,390**	**0,044**	$\mathbf{-3,678 \times 10^{-4}}$	**0,991**	**1,324**
Esfericidade	**0,581**	**0,001**	$\mathbf{-7,205 \times 10^{-6}}$	**0,931**	**1,739**

Fonte: Elaboração própria (2026).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos demonstraram que o teor de umidade exerce influência significativa sobre as propriedades físicas dos grãos de milho. À medida que o teor de água aumentou de 5,3 para 81,8% (b.s.), observou-se expansão nas três dimensões principais dos grãos (comprimento, largura e espessura), sendo a espessura a dimensão que apresentou maior variação relativa. Como consequência dessas alterações dimensionais, também foram verificados aumentos nos valores do diâmetro médio aritmético, do diâmetro médio geométrico, da esfericidade e da área de superfície equivalente.

Os modelos polinomiais ajustados aos dados experimentais apresentaram coeficientes de determinação elevados, indicando boa capacidade de representar o comportamento das propriedades físicas em função do teor de umidade. Dessa forma, as equações obtidas podem ser utilizadas para estimar essas propriedades em diferentes condições de hidratação dos grãos.

De modo geral, os resultados deste estudo contribuem para a compreensão das modificações físicas que ocorrem nos grãos de milho durante processos que envolvem variações de umidade, como hidratação e secagem. Essas informações são relevantes para o dimensionamento, o projeto e a otimização de equipamentos e operações unitárias no processamento industrial de grãos.

REFERÊNCIAS

[1] ANJU; BHUSHAN, K.; KOCHER, G. S. Preliminary Research on the Analytical and Volatile Profiles of Beers Produced with Raw Malt and Roasted Specialty Malts. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, v. 82, n. 2, p. 109–119, 2 abr. 2024.

[2] BARNWAL, P.; KADAM, D. M.; SINGH, K. K. **Influence of moisture content on physical properties of maizeInternational Agrophysics**, 2012.

[3] BHISE, S.; KAUR, A.; MANIKANTAN, M. Moisture dependent physical properties of maize (PMH-1). **Acta Alimentaria**, v. 43, n. 3, p. 394–401, 1 set. 2014.

[4] CARVALHO, G. R. *et al.* Physical properties of barley grains at hydration and drying conditions of malt production. **Journal of Food Process Engineering**, v. 44, n. 4, 1 abr. 2021.

[5] CARVALHO, G. R. DE *et al.* Effect of intermittent high-intensity sonication and temperature on barley steeping for malt production. **Journal of Cereal Science**, v. 82, p. 138–145, 1 jul. 2018.

[6] FAO. **FAOSTAT: Statistical database**. Disponível em: https://www.fao.org/faostat/en/#data. Acesso em: 17 mar. 2026.

[7] GABRIELA JOHN, S.; PREMA, S. **Moisture dependent physical properties of maize kernelsInternational Food Research Journal**. [s.l: s.n.].

[8] HERNÁNDEZ-BECERRA, E. *et al.* Physicochemical and morphological changes in corn grains and starch during the malting for Palomero and Puma varieties. **Cereal Chemistry**, v. 97, n. 2, p. 404–415, 1 mar. 2020.

[9] KIBAR, H.; ÖZTÜRK, T. Physical and mechanical properties of soybean. **International Agrophysics 22**, p. 239–244, 3 jul. 2008.

[10] LI, X. *et al.* Structure, physicochemical properties and in vitro digestibility of starch in corn flour with different milling processes. **Food Chemistry: X**, v. 30, 1 ago. 2025.

[11] MARTI, A. *et al.* Sprouted wheat as an alternative to conventional flour improvers in bread-making. **LWT**, v. 80, p. 230–236, 1 jul. 2017.

[12] MOHSENIN, N. N. **PHYSICAL PROPERTIES CF PLANT AND ANIMAL MATERIALS**. New York: [s.n.].

[13] POLACHINI, T. C. *et al.* Pulsed electric field (PEF) application on wheat malting process: Effect on hydration kinetics, germination and amylase expression. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 86, 1 jun. 2023.

[14] SAYAR, S.; TURHAN, M.; KÖKSEL, H. Expansion in chickpea (Cicer arietinum L.) seed during soaking and cooking. **International Agrophysics**, v. 30, n. 1, p. 75–81, 1 jan. 2016.

[15] SOLOGUBIK, C. A. *et al.* Effect of moisture content on some physical properties of barley. **Industrial Crops and Products**, v. 43, n. 1, p. 762–767, maio 2013.

Capítulo 3

Composição química de leites bubalinos, bovinos, caprinos e ovinos

Alexsander Saves dos Santos
Iaquine Maria Castilho Bezerra
Marcio Augusto Ribeiro-Sanches
Javier Telis-Romero

Resumo: O leite é um dos alimentos mais consumidos no mundo, sendo amplamente utilizado tanto na forma in natura quanto como matéria-prima para a produção de derivados lácteos. Embora o leite bovino seja o mais difundido, outras fontes, como os leites bubalino, caprino e ovino, também apresentam relevância, especialmente em função de suas características nutricionais e tecnológicas distintas. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a composição química de leites provenientes de diferentes espécies (bovina, bubalina, caprina e ovina). As análises foram realizadas com base em metodologias padronizadas da *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC) e do Instituto Adolfo Lutz (IAL), contemplando a determinação dos teores de umidade, proteínas, lipídios, cinzas, carboidratos e sólidos totais. Os resultados indicaram que os leites bubalino e ovino apresentaram maiores concentrações de proteínas, lipídios, cinzas e sólidos totais em comparação aos leites bovino e caprino, destacando-se o leite ovino pelo maior teor proteico. Em relação aos carboidratos, diferenças significativas foram observadas apenas entre os leites bovino e ovino, sendo o leite bovino caracterizado por maiores concentrações. Esses achados evidenciam as particularidades composicionais entre as diferentes espécies, reforçando o potencial dos leites não convencionais na diversificação e agregação de valor aos produtos lácteos.

Palavras–chave: Análise físico-química, leite de vaca, leite de búfala, leite de cabra, leite de ovelha.

1. INTRODUÇÃO

O avanço da ciência e tecnologia de alimentos tem contribuído significativamente para a promoção da saúde e do bem-estar da população, especialmente diante da crescente demanda por produtos com elevado valor nutricional, ampla disponibilidade e fácil acesso. Nesse contexto, a investigação de fontes alimentares alternativas tem ganhado destaque e se consolidado como uma importante área de estudo nas últimas décadas (Silva, 2014). Entre esses alimentos, o leite se destaca por sua composição nutricional complexa e balanceada, sendo amplamente reconhecido como um componente essencial da dieta humana. Por essa razão, tem sido objeto de diversas pesquisas voltadas ao aprimoramento de processos tecnológicos e à maximização de seu valor nutricional.

O leite, definido como o produto obtido da ordenha completa e ininterrupta de vacas sob condições higiênicas adequadas (Brasil, 2011), apresenta-se como um sistema coloidal complexo constituído por diferentes componentes. Sua composição inclui lactose, lipídios, proteínas, sais minerais, vitaminas e enzimas, distribuídos em distintas fases físico-químicas. A fração lipídica encontra-se predominantemente na forma de emulsão, enquanto a caseína está organizada em micelas associadas a sais minerais, caracterizando uma suspensão coloidal. Por outro lado, compostos como lactose, vitaminas hidrossolúveis e proteínas do soro estão dissolvidos na fase aquosa. Essa organização estrutural confere ao leite propriedades físico-químicas singulares (Ordoñez, 2005).

O leite destaca-se como um dos alimentos mais amplamente consumidos globalmente, sendo utilizado tanto na forma in natura quanto como matéria-prima para a produção de diversos derivados lácteos e ingredientes alimentícios. No cenário mundial, o Brasil ocupa posição de destaque, figurando entre os principais produtores, com uma produção estimada em 34,60 bilhões de litros em 2022 (IBGE, 2022). A atividade leiteira nacional concentra-se predominantemente nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul, com expressiva participação de estados como Minas Gerais, Goiás, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Embora o leite bovino seja predominante, outras fontes, como os leites caprino, ovino e bubalino, também apresentam relevância, destacando-se por suas propriedades específicas, que possibilitam a obtenção de uma ampla diversidade de produtos lácteos.

Embora o leite bovino seja predominante na produção leiteira, outras fontes, como os leites caprino, ovino e bubalino, têm ganhado crescente relevância devido às suas características composicionais e tecnológicas distintas. Esses leites apresentam particularidades que favorecem a elaboração de produtos diferenciados, agregando valor à cadeia produtiva. Nesse contexto, observa-se uma expansão significativa da indústria voltada aos leites não convencionais nas últimas décadas (Pérez Núñez et al., 2024).

Diante disso, o presente estudo teve como objetivo avaliar a composição química de leites bovino, caprino, ovino e bubalino in natura, com ênfase na determinação dos teores de proteínas, lipídios, umidade, cinzas, carboidratos e sólidos totais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. PREPARO DAS AMOSTRAS DE LEITE *IN NATURA*

Entre os anos de 2022 e 2023, foram obtidas amostras de leite de quatro espécies

distintas em propriedades rurais situadas na região de São José do Rio Preto. Logo após a ordenha, porções de 10 L de leite cru foram submetidas ao resfriamento imediato, permanecendo sob temperatura controlada entre 4 e 7 °C. Para o armazenamento, utilizaram-se recipientes devidamente higienizados e esterilizados, a fim de preservar as características microbiológicas e físico-químicas das amostras. Posteriormente, o material foi encaminhado ao Laboratório de Medidas Físicas II, pertencente ao Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos (DETA) do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (IBILCE) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de São José do Rio Preto – SP, onde foram conduzidas as análises experimentais.

2.2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

2.2.1. DETERMINAÇÃO DO TEOR DE SÓLIDOS TOTAIS

Para a determinação do teor de sólidos totais das amostras, foi utilizado o método gravimétrico (método 012/IV). Inicialmente, cerca de 5 g da amostra foram pesados em uma balança analítica (AY220, Shimatzu, Japão, com precisão de ± 0,1 mg). Utilizaram-se placas de vidro, previamente lavadas e secas na mesma temperatura de análise. A amostra foi seca em uma estufa com circulação forçada (Quimis, Brasil) a 105 ± 2°C e, posteriormente, resfriada em dessecador. Após o resfriamento, a amostra foi pesada até que se alcançasse massa constante. O conteúdo de sólidos totais (TST) foi calculado conforme a Equação 1.

$$TST = \frac{M_s}{M_a} \times 100 \qquad (1)$$

em que, M_a é a massa (g) inicial da amostra e M_S a massa (g) da amostra seca.

2.2.2. DETERMINAÇÃO DO CONTEÚDO DE PROTEÍNA

A quantificação de proteínas nas amostras foi obtida pelo conteúdo de nitrogênio total usando o método de Kjeldahl (AOAC - método 991.20). Cerca de 2 g de amostra foram pesados (Shimatzu AY220, Japão, precisão ± 0,1 mg) e transferidos para o tubo de Kjeldahl. Foram adicionados 7,5 mL de ácido sulfúrico concentrado e 2,5 g de mistura catalítica composta por sulfato de potássio (K2SO4) e sulfato de cobre penta hidratado (CuSO4 · 5H2O). A amostra foi aquecida em bloco digestor gradativamente até atingir 400°C. Após a digestão, a amostra foi alcalinizada com cerca de 20 mL hidróxido de sódio (50 % m/m) e destilada. A amônia liberada foi recolhida em 20 mL de ácido bórico a 4% (m/v), em seguida contra titulada e o sal formado foi titulado diretamente com solução de ácido clorídrico 0,1 mol·L^{-1}. O volume de ácido usado na titulação foi relacionado ao conteúdo N da amostra pela Equação 2.

$$N = \frac{V \times C \times f \times 14}{M_a \times 100} \times 100 \qquad (2)$$

em que, V é o volume da solução de ácido clorídrico gasto na titulação (mL), C a concentração da solução (mol·L^{-1}), f o fator de correção da concentração da solução de ácido clorídrico e M_a a massa pesada da amostra (g).

O conteúdo de proteína (Pta) foi obtido utilizando o fator de correção de nitrogênio em proteína de 6,38 para produtos lácteos, de acordo com a Equação 3.

$$Pta = N\ x\ 6{,}38 \qquad (3)$$

2.2.3. DETERMINAÇÃO DO CONTEÚDO DE LIPÍDEOS

Para a análise do teor de gordura pelo método de Gerber, 11 mL de leite foram transferidos para o butirômetro de Gerber, contendo 10 mL de H_2SO_4 concentrado (1,825 g/cm3 a 20°C) e 1 mL de álcool isoamílico. O butirômetro foi então fechado, agitado e centrifugado a 1200 rpm por 5 minutos em uma centrífuga. O percentual mássico de gordura foi lido diretamente na escala do butirômetro.

2.2.4. DETERMINAÇÃO DO CONTEÚDO DE CINZAS

O conteúdo de cinzas foi determinado pelo método gravimétrico através de incineração em mufla. Primeiramente, cerca de 5 g de amostra foram pesados em um cadinho de porcelana previamente preparado. O cadinho com a amostra foi levado a uma chapa aquecedora (TE 0851, Tecnal, Brasil) até que a amostra fosse completamente carbonizada. Em seguida, o cadinho foi transferido para um forno mufla, onde foi aquecido a 550 °C até que as cinzas se tornassem uniformemente brancas ou cinza claro. Após a incineração, o cadinho foi resfriado em um dessecador e pesado novamente. O conteúdo de cinzas (Cin) foi então calculado usando a Equação 4.

$$Cin = \frac{M_c}{M_a} \times 100 \qquad (4)$$

em que, M_aé a massa (g) inicial da amostra e M_ca massa (g) da amostra incinerada.

2.2.5. DETERMINAÇÃO DO CONTEÚDO DE CARBOIDRATOS TOTAIS

O conteúdo de carboidratos totais foi determinado por diferença pela Equação 5.

$$CT = 100 - \left[\%Gordura + \%Proteina + \%Água + \%Cinzas\right] \qquad (5)$$

2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO LEITE IN NATURA

A composição química do leite *in natura* de búfala, vaca, cabra e ovelha é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Composição química do leite in natura de diferentes espécies

Componente	Búfala	Vaca	Cabra	Ovelha
Proteínas	$3,08 \pm 0,01^{b}$	$3,10 \pm 0,03^{b}$	$3,07 \pm 0,01^{b}$	$5,45 \pm 0,06^{a}$
Gordura	$6,93 \pm 0,03^{b}$	$3,35 \pm 0,01^{c}$	$3,09 \pm 0,01^{d}$	$7,40 \pm 0,04^{a}$
Água	$84,65 \pm 0,31^{c}$	$88,12 \pm 0,33^{b}$	$88,54 \pm 0,33^{a}$	$82,02 \pm 0,30^{d}$
Cinzas	$0,72 \pm 0,01^{b}$	$0,68 \pm 0,01^{c}$	$0,68 \pm 0,01^{c}$	$0,87 \pm 0,01^{a}$
Carboidratos	$4,60 \pm 0,03^{ab}$	$4,72 \pm 0,33^{a}$	$4,59 \pm 0,34^{ab}$	$4,24 \pm 0,30^{b}$
Sólidos Totais	$15,34 \pm 0,31^{b}$	$11,87 \pm 0,33^{c}$	$11,45 \pm 0,33^{d}$	$17,97 \pm 0,30^{a}$

Letras diferentes na mesma linha, indicam diferença significativa de acordo com a Análise de Variância (ANOVA) ($P < 0,05$) e teste de comparação múltipla de Tukey ($\alpha = 0,05$).

O leite de ovelha apresentou um teor de proteína significativamente maior ($P < 0,05$) em comparação ao leite das outras espécies, com um valor médio 77% superior. Este leite é também a principal fonte de proteína do soro do leite, com uma concentração de 1,02 g/100 g, destacando-se a β-lactoglobulina como a principal proteína do soro. Além disso, o leite de ovelha contém a maior concentração de caseína, 4,18 g/100 g, quando comparado aos demais tipos de leite (Mohapatra et al., 2019).

Os teores de proteína dos leites de búfala, vaca e cabra foram semelhantes ($P > 0,05$). Contudo, as frações de caseínas presentes no leite de búfala diferem substancialmente; este leite pode conter até o dobro da αs2-caseína e β-caseína, com menores concentrações de αs1-caseína, em comparação ao leite de vaca (Feligini et al., 2009; Shakerian et al., 2016). O leite de cabra, por sua vez, é predominantemente composto por β-caseína, que representa aproximadamente 53% do total de caseínas, enquanto no leite de vaca essa proporção não excede 40% (Delgado-Júnior, Siqueira, & Stock, 2020).

Em termos de gordura, o leite de ovelha apresentou maior ($P < 0,05$) teor de lipídios, quando comparado ao leite de outras espécies. Além disso, o leite de ovelha apresenta maior concentração de ácidos graxos insaturados do que o leite de vaca (Mohapatra et al., 2019). Entretanto, o leite de búfala apresentou maior ($P < 0,05$) teor lipídico quando comparado ao leite de vaca e cabra. Além do maior teor lipídico, o leite de búfala também apresenta maior diâmetro médio de glóbulos de gordura e maior quantidade de ácidos graxos saturados e ácido linolênico quando comparado ao leite de vaca (Ménard et al., 2010).

Vale ressaltar que o leite de ovelha e de búfala apresentou aproximadamente o dobro de lipídeos quando comparado ao leite de cabra e de vaca. Além disso, o leite de cabra apresentou menor ($P <0,05$) teor lipídico quando comparado ao leite de vaca. Além disso, a proporção de ácidos graxos saturados no leite de cabra (65–75 g/100 g de ácidos graxos totais) é comparável à do leite de vaca. No entanto, o leite de cabra é rico em ácidos graxos de cadeia curta e média com 6 a 10 átomos de carbono, contendo até o dobro do leite de vaca (Sanz Sampelayo et al., 2007). Em particular, o diâmetro dos glóbulos de gordura

no leite de cabra é menor em comparação com o leite bovino (Santos et al., 2023).

Para o conteúdo de água, o leite de cabra apresentou o maior ($P < 0,05$) teor de água quando comparado ao leite de outras espécies. No entanto, o leite de vaca apresentou maior ($P < 0,05$) teor de água quando comparado ao leite de búfala e ovelha, embora o leite de ovelha tenha apresentado o menor ($P < 0,05$) teor de água quando comparado aos demais leites.

O leite é uma fonte significativa de minerais, incluindo magnésio, potássio, cálcio, iodo, fósforo, cloreto, sódio e pequenas quantidades de ferro (Mohapatra et al., 2019). O teor de cinzas fornece informações prévias sobre a quantidade total de minerais normalmente presentes nos alimentos. O leite de ovelha apresentou maior ($P < 0,05$) teor de cinzas quando comparado ao leite de outras espécies. Na verdade, o conteúdo de minerais como cálcio (Ca), fosforo (P), ferro (Fe) e magnésio (Mg) no leite de ovelha é maior do que no leite de vaca (Park et al., 2007). O leite de búfala apresentou maior ($P < 0,05$) teor de cinzas, quando comparado ao leite de vaca e cabra. Entretanto, os leites de vaca e de cabra apresentaram teores de cinzas semelhantes ($P > 0,05$). O teor de cálcio e a relação Ca/P detectados no leite de búfala foram consideravelmente maiores em comparação ao leite de vaca (Shakerian et al., 2016). Além das concentrações variáveis de minerais no leite de cada espécie, o tratamento térmico do leite também pode afetar a forma como esses minerais - especialmente cálcio e fósforo - são distribuídos entre as fases aquosa e coloidal (Kilic-Akyilmaz et al., 2022).

Para o teor de carboidratos, o leite de ovelha apresentou o menor conteúdo ($P < 0,05$) em comparação ao leite de vaca. Os teores de carboidratos foram semelhantes ($P > 0,05$) entre os leites de búfala, cabra e ovelha, com os leites de búfala e cabra também apresentando níveis semelhantes ($P > 0,05$). No que diz respeito aos sólidos totais, o leite de ovelha exibiu o maior teor ($P < 0,05$) em comparação aos outros leites. O leite de búfala também apresentou um teor de sólidos maior ($P < 0,05$) do que o leite de vaca e cabra, sendo o leite de cabra o que apresentou o menor teor ($P < 0,05$) de sólidos em comparação ao leite de vaca.

2.4. CONCLUSÕES

Concluiu-se que o leite in natura de búfala e ovelha possuem níveis mais altos de gordura, cinzas e sólidos totais quando comparado ao leite de vaca e cabra. Além disso, o leite de ovelha tem o maior teor de proteína, quando comparado às outras espécies. Entretanto, apenas os leites de vaca e ovelha são diferentes em termos de carboidratos, sendo maior no leite de vaca. Dessa forma, a compreensão dessas variações é fundamental para a escolha adequada da matéria-prima conforme o objetivo desejado, seja para consumo direto ou para o desenvolvimento de produtos lácteos com características específicas. Além disso, o conhecimento da composição química desses leites contribui para a valorização de diferentes espécies leiteiras, incentivando a diversificação da produção e ampliando as possibilidades no setor alimentício.

REFERÊNCIAS

[1] Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa 62 de 29 de dezembro de 2011. Dispõe sobre regulamentos técnicos de produção, identidade, qualidade, coleta e transporte do leite. **Diário Oficial da União**, Brasília, Seção 1, 30 dez. 2011.

[2] Delgado-Júnior, I. J., Siqueira, K. B., & Stock, L. A. (2020). **Produção, composição e**

processamento de leite de cabra no Brasil. Embrapa.

[3] Feligini, M., Bonizzi, I., Buffoni, J. N., Cosenza, G., & Ramunno, L. (2009). Identification and quantification of αS1, αS2, β, and κ-caseins in water buffalo milk by reverse phase-high performance liquid chromatography and mass spectrometry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 57(7), 2988–2992.

[4] IBGE. (2022). Censo agro 2022. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/leite/br

[5] Kilic-Akyilmazsá , M., et al. (2022). Effect of heat treatment on micronutrients, fatty acids and some bioactive components of milk. **International Dairy Journal**, 126, 105- 231.

[6] Ménard, O., Ahmad, S., Rousseau, F., Briard-Bion, V., Gaucheron, F., & Lopez, C. (2010). Buffalo vs. cow milk fat globules: Size distribution, zeta-potential, compositions in total fatty acids and in polar lipids from the milk fat globule membrane. **Food Chemistry**, 120(2), 544–551.

[7] Mohapatra, A., Shinde, A. K., & Singh, R. (2019). Sheep milk: A pertinent functional food. **Small Ruminant Research**, 181, 6-11.

[8] ORDÓÑEZ, Juan A. **Tecnologia de Alimentos: Alimentos de origem animal**. v.2. Porto Alegre: Artmed, 2005.

[9] Official Methods of Analysis. (2023). **AOAC International**. https://www.aoac.org/official-methods-of-analysis/

[10] Park, Y. W., et al. (2007). Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. **Small Ruminant Research**, 68, 88-113.

[11] Pérez Núñez, I., Díaz, R., Quiñones, J., Martínez, A., Velázquez, L., Huaiquipán, R., Tapia, D., Muñoz, A., Valdés, M., Sepúlveda, N., & Paz, E. (2024). Molecular characteristics and processing technologies of dairy products from non-traditional species. **Molecules**, 29(22), 5427. https://doi.org/10.3390/molecules29225427

[12] Santos, Isabela Garcia Mendes de Araujo. (2023). **Efeitos de práticas sanitárias no processo de ordenha em parâmetros microbiológicos do leite bovino em um município da região da Alta Paulista**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual Paulista. 90p.

[13] Sanz Sampelayo, M. R., et al. (2007). Influência do tipo de dieta nos constituintes da gordura do leite de cabra e ovelha. **Small Ruminant Research**, 68(1-2), 42-63.

[14] Shakerian, M., Kiani, H., & Ehsani, M.-R. (2016). Effect of buffalo milk on the yield and composition of buffalo feta cheese at various processing parameters. **Food Bioscience**, 15, 110-117.

[15] Silva, L. T. da. S. (2014). **Propriedades termofísicas e comportamento reológico do leite e do soro de búfala (Dissertação de mestrado)**. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Capítulo 4

Comportamento reológico do leite de búfala: influência da temperatura e da concentração

Alexsander Saves dos Santos
Beatriz Hebeler Pansiera Gonsales
Marcio Augusto Ribeiro-Sanches
Javier Telis-Romero

Resumo: O leite de búfala apresenta composição nutricional diferenciada, caracterizada por elevados teores de gordura, proteínas e sólidos totais, o que lhe confere alto potencial tecnológico para a produção de derivados de valor agregado. Neste estudo, o comportamento reológico do leite de búfala concentrado foi avaliado em função da concentração de sólidos totais (30 e 50,0%) e da temperatura (15, 35, 55 e 75 °C). A modelagem matemática foi empregada para descrever e interpretar a influência dessas variáveis sobre o comportamento reológico do sistema. Observou-se comportamento newtoniano para concentrações de sólidos totais de 30%, sendo o modelo de Newton capaz de descrever adequadamente (Radj2 ≥ 0,999; RMSE ≤ 3,991) os dados experimentais. Para concentrações de 50%, o leite de búfala concentrado apresentou comportamento pseudoplástico sem tensão de escoamento, com excelente ajuste pelo modelo de Ostwald–de Waele (Radj2 ≥ 0,995; RMSE ≤ 5,962). A viscosidade newtoniana (2,33 ± 0,01 até 22,76 ± 0,01 mPa·s), assim como o índice de consistência - k (43,83 ± 0,42 até 258,31 ± 9,55 mPa.sn) e o índice de comportamento – n (0,76 ± 0,01 até 0,79 ± 0,02), aumentaram com o incremento da concentração de sólidos e diminuíram com o aumento da temperatura. Os resultados obtidos fornecem dados inéditos sobre o comportamento reológico do eite de búfala concentrado e contribuem para o projeto, a simulação e a otimização de processos industriais envolvendo esse produto.

Palavras-chave: Leite concentrado, Afinamento por cisalhamento, Viscosidade, Modelagem matemática.

1. INTRODUÇÃO

O leite de búfala tem ganhado destaque na indústria de laticínios devido às suas particularidades composicionais quando comparado ao leite bovino. Esse leite apresenta maiores concentrações de gordura, proteínas e sólidos totais (Anindita et al., 2026; Govindappa et al., 2026), o que lhe confere características nutricionais e tecnológicas diferenciadas. Em função dessa composição, o leite de búfala demonstra elevado potencial para aplicação na produção de derivados de maior valor agregado, como queijos, leites concentrados e produtos fermentados (Liao et al., 2025). Com a ampliação de sua utilização em escala industrial, torna-se necessário aprofundar a compreensão de suas propriedades reológicas, uma vez que esses parâmetros são determinantes para o desenvolvimento adequado de produtos, bem como para o controle e a otimização dos processos tecnológicos envolvidos.

No processamento de alimentos líquidos, as propriedades reológicas desempenham função central, pois estão diretamente relacionadas ao comportamento de escoamento, à transferência de calor e de massa, ao gasto energético, às condições de bombeamento e ao correto dimensionamento de equipamentos (Evangelista et al., 2020). Em sistemas lácteos, esse comportamento é particularmente sensível a variáveis como temperatura e teor de sólidos, que influenciam as interações intermoleculares, o grau de hidratação das proteínas, a mobilidade dos glóbulos de gordura e a organização microestrutural do sistema (Gabas et al., 2012; Sanches et al., 2025). Nesse contexto, a obtenção de dados reológicos consistentes torna-se fundamental para a adequada modelagem de operações unitárias que envolvem etapas de aquecimento, resfriamento e concentração.

O comportamento reológico do leite bovino e de seus concentrados encontra-se amplamente descrito na literatura (Alcăntara et al., 2012; Vélez-Ruiz & Barbosa-Cánovas, 1998, 2000), incluindo investigações com leite desnatado concentrado (Bienvenue et al., 2003; Karlsson et al., 2005) e com leites fluidos de cabra, búfala e ovelha (Sanches et al., 2025). Entretanto, quando se trata do leite de búfala concentrado, observa-se uma limitação significativa de estudos específicos. A maior parte das pesquisas disponíveis concentra-se na caracterização da composição química e de propriedades físico-químicas do leite in natura ou de seus derivados (Anindita et al., 2026; Govindappa et al., 2026; Li et al., 2026; Liao et al., 2025), havendo menor atenção dedicada à investigação detalhada de seu comportamento reológico em condições de concentração. Adicionalmente, os trabalhos que abordam aspectos reológicos geralmente consideram intervalos restritos de teor de sólidos totais e temperatura, os quais não refletem de forma representativa as condições aplicadas em processos industriais de concentração, como a evaporação sob vácuo ou os tratamentos térmicos empregados na indústria.

As curvas de fluxo obtidas em regime estacionário constituem ferramenta essencial tanto para a modelagem do comportamento reológico quanto para a identificação de possíveis transições entre regimes newtonianos e não newtonianos (Ribeiro-Sanches et al., 2024). Alterações na temperatura e no teor de sólidos exercem influência direta sobre a resposta do fluido ao cisalhamento, podendo modificar substancialmente sua natureza reológica. Dependendo dessas condições, o sistema pode deixar de apresentar comportamento newtoniano e passar a se comportar como fluido viscoplástico com tensão de escoamento, ou ainda assumir características pseudoplásticas (com afinamento por cisalhamento) ou dilatantes (com espessamento por cisalhamento), com ou sem a presença de tensão inicial. Em fluidos pseudoplásticos, observa-se redução da viscosidade aparente com o aumento da taxa de cisalhamento, enquanto nos dilatantes ocorre o efeito inverso. Dessa forma, torna-se fundamental compreender como a

concentração e a temperatura atuam de maneira conjunta sobre os parâmetros reológicos do leite de búfala concentrado, pois esse entendimento permite prever o desempenho dos processos, contribuir para a diminuição do consumo energético e assegurar a qualidade e a estabilidade do produto final.

Diante das lacunas identificadas na literatura, este estudo propõe-se a analisar o comportamento reológico do leite de búfala concentrado considerando diferentes teores de sólidos totais (30 e 50%) e uma ampla faixa de temperatura (15 a 75 °C). Esta investigação caracteriza-se por abordar, de maneira simultânea, a influência simultânea da concentração e da temperatura sobre a reologia do leite de búfala, disponibilizando dados originais e inéditos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. AMOSTRAS DE LEITE

Amostras de leite de búfala (n = 5) foram coletadas na Fazenda Santa Mônica, localizada no município de Jaborandi, Estado de São Paulo, Brasil (20°41′16" S, 48°24′46" W; altitude 493 m). As coletas foram realizadas diretamente do tanque a granel após a ordenha matinal, conduzida conforme a rotina diária da propriedade. Os animais pertenciam à raça Mediterrâneo, amplamente utilizada para produção leiteira no Brasil. A fazenda opera em sistema de produção semi-intensivo, no qual as búfalas são mantidas em pastagens e recebem suplementação com ração concentrada.

Em cada dia de coleta, 3 L de leite cru foi obtido, totalizando 15 amostras. Após a ordenha, as amostras eram imediatamente refrigeradas a 4-7°C e armazenadas em garrafas de vidro pré-limpas e esterilizadas. As amostras foram então transportadas sob refrigeração e analisadas no Laboratório de Medições Físicas da Universidade Estadual de São Paulo—UNESP, São José do Rio Preto/SP, onde foram armazenadas a 4°C ± 1°C até a análise. Todas as análises foram realizadas em triplicado dentro de 48 horas para preservar as características originais do leite cru.

2.2. PROCESSO DE CONCENTRAÇÃO

O leite foi inicialmente tratado por pasteurização lenta a 65°C por 30 minutos, em um tanque encamisado, antes de ser concentrado. Após a pasteurização, o leite foi preaquecido a temperaturas entre 65 e 70°C antes de ser submetido ao processo de concentração. O leite foi concentrado em um evaporador piloto (Fisatom, São Paulo, Brasil), sob vácuo. Durante todo o processo, o ponto de ebulição foi mantido em baixa temperatura (± 68°C) para evitar alterações significativas nos constituintes do leite. O leite de búfala foi concentrado até atingir um teor sólido total de 0 e 50 ± 0,4% p/w.

2.3. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO LEITE

A caracterização química do leite de búfala incluiu a determinação dos teores de sólidos totais, proteínas, lipídios, cinzas e carboidratos. Os sólidos totais foram quantificados por meio de secagem gravimétrica em estufa a 105 ± 2 °C até obtenção de massa constante, conforme o método 012/IV descrito pelo IAL (2008). O teor de proteínas foi determinado utilizando o método Kjeldahl, seguindo o protocolo 991.20 da AOAC International (2005). A fração lipídica foi analisada pelo método Gerber, de acordo com o

procedimento

2000.18 da AOAC International (2005). As cinzas foram obtidas por incineração em mufla, segundo o método 935.42 da AOAC International (2005). O teor de carboidratos foi estimado por diferença, subtraindo-se do total de sólidos a soma das demais frações analisadas.

2.4. DETERMINAÇÃO DO COMPORTAMENTO REOLÓGICO

As medições reológicas em regime de cisalhamento estacionário foram realizadas em um reômetro rotacional modelo ARG2 (TA Instruments, New Castle, EUA), equipado com sistema de controle térmico por Peltier. Utilizou-se uma geometria de cilindros concêntricos composta por um copo externo (78,5 × 30,15 mm) e um rotor interno (42 × 28 mm), mantendo uma folga de 5920 µm entre as superfícies. O equipamento foi operado via software Rheology Advantage.

Antes de cada ensaio, as amostras eram submetidas a 2 minutos de pré- cisalhamento para garantir a estabilização da tensão em cada taxa aplicada. As curvas de fluxo foram obtidas no intervalo de 0,84 a 168,44 s^{-1}, avaliadas em 4 temperaturas distintas: 15, 35, 55, 75 °C, utilizando amostras de leite de búfala com diferentes teores de sólidos (30 e 50% p/w).

Cada condição experimental foi analisada em triplicata (n = 3). A tensão de cisalhamento (Pa) correspondente a cada taxa constante era registrada diretamente pelo equipamento. A precisão do reômetro havia sido previamente verificada conforme descrito por Evangelista et al. (2020).

2.5. MODELAGEM MATEMÁTICA DOS DADOS

A modelagem do comportamento reológico é fundamental para compreender como produtos alimentícios respondem a variações de temperatura e concentração, além de subsidiar o dimensionamento de operações em engenharia de alimentos (Evangelista et al., 2020; Ribeiro- Sanches et al., 2024). Nesse contexto, diferentes equações clássicas descritas na literatura, como o modelo Newtoniano (Equação 1), a Lei de Potência de Ostwald–de Waele (Equação 2), o modelo de Bingham (Equação 3) e o modelo de Herschel–Bulkley (Equação 4) foram aplicadas aos dados experimentais de tensão e taxa de cisalhamento obtidos para o leite de búfala. Os ajustes matemáticos foram realizados utilizando o software OriginPro 8.0 (OriginLab Corporation, Northampton, EUA).

$$\sigma = \mu \cdot \gamma \quad (1)$$

$$\sigma = \kappa \cdot \gamma^{n} \quad (2)$$

$$\sigma = \sigma_0 + \mu_{pl} \cdot \gamma \quad (3)$$

$$\sigma = \sigma_0 + \kappa \cdot \gamma^{n} \quad (4)$$

Nessas equações, σ (Pa) é a tensão de cisalhamento; γ (s^{-1}) é a taxa de cisalhamento; µ (Pa·s) é a viscosidade newtoniana; σ0 (Pa) é a tensão de escoamento inicial; μ_{pl} (Pa·s) é a viscosidade plástica; κ (Pa·s^n) é o índice de consistência e n (adimensional) é o índice de comportamento do fluido.

2.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA

A precisão do ajuste dos modelos matemáticos foi avaliada pela análise do coeficiente de determinação ajustado ($Radj^2$) e pelo erro quadrático médio (RMSE), como realizado por Ribeiro-Sanches et al. (2024). A diferença significativa entre os parâmetros médios do melhor modelo foi avaliada por meio da análise de variância (ANOVA), e a diferença entre os resultados médios foi avaliada pelo teste de Tukey, com um nível de confiança de 95%, utilizando o software Statistica 7.0 (Statsoft Inc., EUA).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. COMPOSIÇÃO QUÍMICA

A Tabela 1 apresenta a composição química do leite de búfala em diferentes concentrações de sólidos totais. A concentração do leite de búfala de 10% (*in natura*) até 50% de sólidos totais promoveu alterações importantes na composição centesimal, diretamente associadas à redução do teor de água e ao consequente aumento da fração sólida. O conteúdo de água apresentou uma redução expressiva, variando de 69,629 ± 0,524% no leite contendo 30% de sólidos para 49,443 ± 0,378% na maior concentração avaliada (50%), confirmando a eficiência do processo de concentração e seu impacto direto na intensificação dos constituintes sólidos.

Como esperado, o teor de gordura aumentou gradualmente, passando de 13,634 ± 0,193% para 22,838 ± 0,332%. Esse comportamento está diretamente relacionado à concentração volumétrica do sistema, uma vez que a gordura do leite de búfala encontra-se majoritariamente na forma de glóbulos dispersos na fase aquosa. A elevação do teor lipídico tem implicações importantes nas propriedades reológicas e sensoriais do produto (Sanches et al., 2025), uma vez que maiores concentrações de gordura tendem a aumentar a viscosidade aparente e modificar o comportamento de fluxo.

Tabela 1. Composição química do leite concentrado

Sólidos totais (%)	Gordura (%)	Proteínas (%)	Água (%)	Cinzas (%)	Carboidratos (%)
30	13,634 ± 0,193 [b]	6,094 ± 0,088 [b]	69,629 ± 0,524 [b]	1,418 ± 0,025 [b]	9,222 ± 0,690 [b]
50	22,838 ± 0,332 [a]	10,062 ± 0,183 [a]	49,443 ± 0,378 [a]	2,358 ± 0,048 [a]	15,297 ± 0,812 [a]

Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas segundo a Análise da Variância e o teste de Tukey (P <0,05).

De maneira semelhante, o conteúdo proteico apresentou aumento significativo, variando de 6,094 ± 0,088% no leite com 30% de sólidos, para 10,062 ± 0,183% no leite concentrado a 50% de sólidos totais. Esse aumento reflete a concentração das proteínas do leite, predominantemente caseínas e proteínas do soro, que desempenham papel fundamental na estruturação do sistema coloidal (Gabas et al., 2012). O aumento da fração proteica favorece interações intermoleculares, como agregação e formação de redes tridimensionais, impactando diretamente as propriedades reológicas, estabilidade térmica e comportamento durante processos subsequentes, como evaporação ou secagem.

O teor de carboidratos também apresentou elevação expressiva, variando de 9,222 ± 0,690% a 15,297 ± 0,812%. Como a lactose é um sólido solúvel predominante na fase aquosa, sua concentração acompanha diretamente a remoção de água. Esse aumento é tecnologicamente relevante, pois maiores teores de lactose podem favorecer fenômenos como cristalização durante o resfriamento ou armazenamento, além de influenciar propriedades coligativas, como atividade de água e ponto de ebulição do sistema.

O conteúdo de cinzas, representativo da fração mineral, aumentou de 1,418 ± 0,025% para 2,358 ± 0,048%, acompanhando a tendência observada para os demais sólidos. O aumento da concentração mineral pode afetar o equilíbrio iônico do sistema, influenciando a estabilidade das micelas de caseína, o pH e as interações proteína–proteína e proteína–água, especialmente em concentrações mais elevadas de sólidos totais.

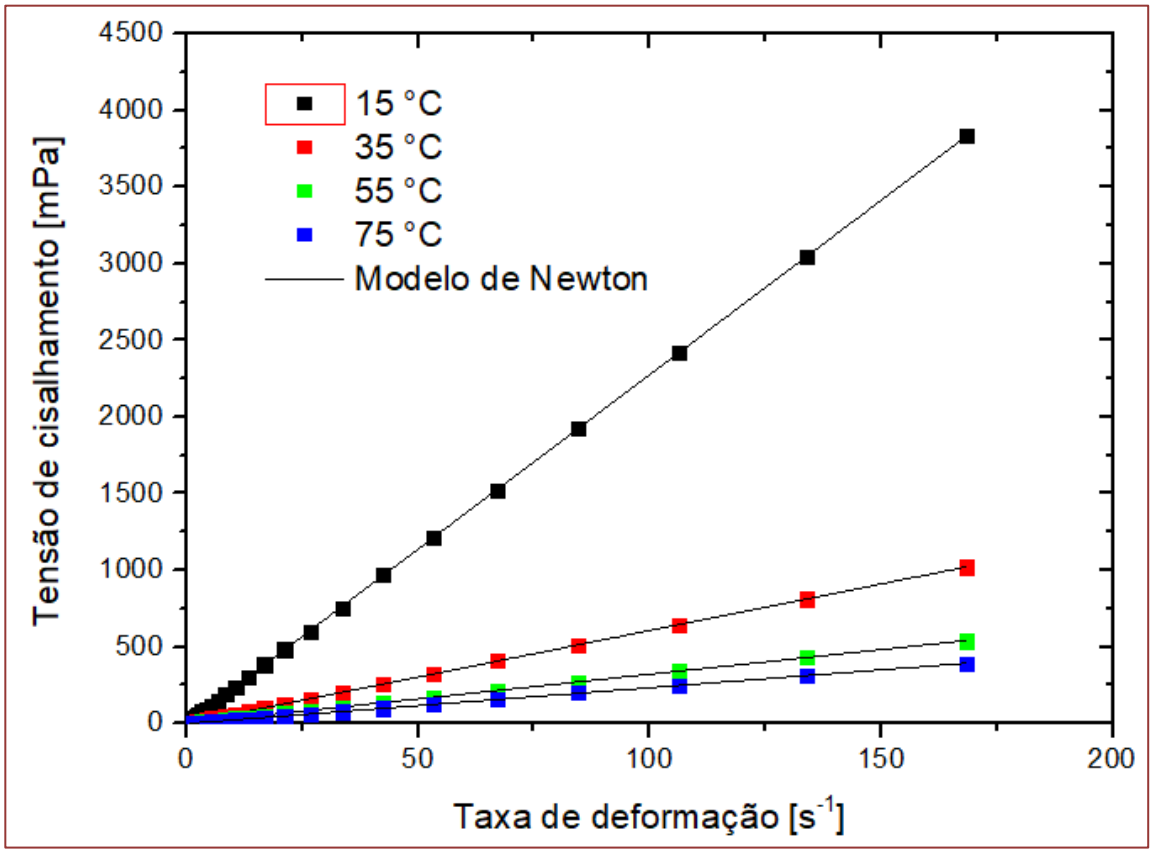
De forma geral, os resultados demonstram que o processo de concentração promoveu um aumento proporcional e consistente de todos os constituintes sólidos, permitindo a obtenção de um produto concentrado com características adequadas para aplicações industriais, como a produção de leites evaporados, queijos, doces lácteos ou ingredientes para formulações alimentícias. Além disso, a ampla faixa de sólidos totais avaliada (30 e 50%) fornece uma base robusta para correlacionar a composição com propriedades reológicas, reforçando o potencial desses dados para modelagem e otimização de processos de concentração e evaporação.

3.2. COMPORTAMENTO DE FLUXO

Os dados de tensão de cisalhamento foram obtidos após atingir o equilíbrio para cada taxa fixa de cisalhamento. A tensão de cisalhamento variou de 1,951 mPa a 235,929 mPa na menor taxa de cisalhamento (0,84 s^{-1}) e de 392,219 mPa a 12861,953 mPa na maior taxa de cisalhamento (168,44 s^{-1}). Esses valores tendem a aumentar com a diminuição da temperatura e o aumento da concentração de sólidos.

A Figura 1 mostra que a relação entre tensão de cisalhamento e taxa de deformação dos concentrados de leite de búfala com 30% de sólidos mostrou um comportamento linear, o que inicialmente indica a característica de fluidos newtonianos.

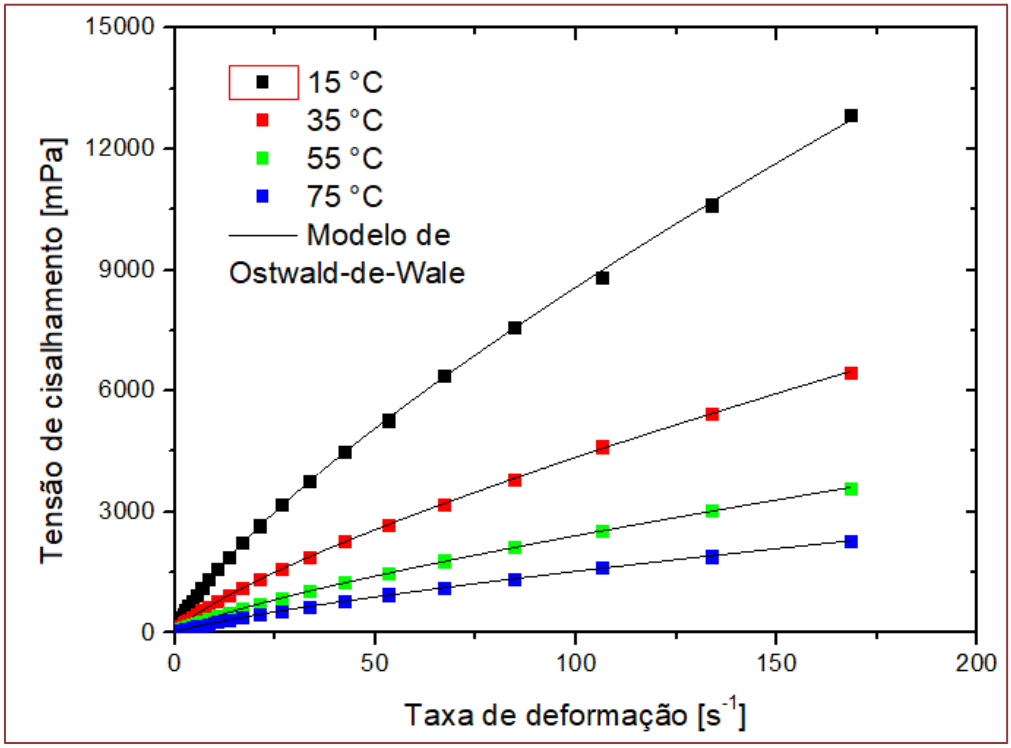
Figura 1. Comportamento de fluxo do leite de búfala em diferentes temperaturas - Domínio Newtoniano (30%)



Entretanto, em 50% de sólidos, a relação entre tensão de cisalhamento e taxa de deformação (Figura 2) começou a mostrar um comportamento não newtoniano dos leites de búfala concentrados, apresentando um padrão côncavo para baixo, considerando-os como tipo de fluido com afinamento por cisalhamento (Quek et al., 2013).

Quanto a modelagem dos dados, todos os modelos estudados apresentaram bons ajustes aos dados experimentais com coeficientes ajustados de determinação maiores que 0,94, exceto o modelo newtoniano.

Figura 2. Comportamento de fluxo do leite de búfala em diferentes concentrações de sólidos e temperaturas - Domínio Não-Newtoniano



Os modelos de Ostwald–de Waele e Herschel–Bulkley apresentaram melhor precisão no ajuste aos dados experimentais, com valores de $RAdj^2 \geq 0{,}9969$ e $RMSE \leq 1{,}2865$. No entanto, o modelo de Ostwald–de Waele demonstrou desempenho superior, uma vez que apresentou valores mais elevados de $RAdj^2$ e menores valores de RMSE, indicando melhor concordância com os dados experimentais.

Em contraste, o modelo de Bingham apresentou desempenho estatístico inferior, com valores de $RAdj^2$ variando entre 0,9462 e 0,99974 e valores de RMSE entre 0,18691 e 25,18507. Esses resultados evidenciam menor precisão experimental desse modelo quando comparado aos modelos de Ostwald–de Waele e Herschel–Bulkley, indicando sua menor adequação para descrever o comportamento reológico do leite de búfala concentrado nas condições estudadas.

Embora o modelo de Herschel–Bulkley tenha apresentado resultados estatísticos semelhantes aos obtidos com o modelo de Ostwald–de Waele, observou-se que, em alguns casos, o parâmetro de tensão de escoamento assumiu valores negativos, os quais não possuem significado físico, conforme também relatado por Quek et al. (2013). Esse comportamento limita a aplicabilidade do modelo de Herschel–Bulkley para a interpretação física dos dados, apesar do bom ajuste estatístico.

Adicionalmente, para a concentração de 30% de sólidos totais, o índice de comportamento de fluxo (n) do modelo de Ostwald–de Waele apresentou valores próximos da unidade. Nessas condições, o modelo se reduz ao modelo de Newton, caracterizando um comportamento reológico newtoniano do leite de búfala em menores concentrações. Esse resultado indica que, à medida que o teor de sólidos aumenta, o

sistema tende a transitar de um comportamento newtoniano para não newtoniano, reforçando a influência da concentração sobre a estrutura e as interações entre os constituintes do leite.

3.3. EFEITO DA TEMPERATURA E DA CONCENTRAÇÃO NOS PARÂMETROS REOLÓGICOS

Reogramas de leite de búfala com teor de sólidos de 30 e 50%, em temperaturas de 15-75 °C, foram obtidos. As amostras se comportavam como fluidos newtonianos ou não newtonianos, dependendo do teor de sólidos. Na faixa de conteúdo sólido de 30%, os reogramas mostraram comportamento newtoniano e a viscosidade, η, foi calculada a partir do modelo de Newton. Os resultados são mostrados em Tabela 2.

Tabela 2. Viscosidades do leite de búfala em diferentes temperaturas - Domínio Newtoniano

Concentração (%)	Viscosidade (mPa·s)			
	(Temperatura °C)			
	15	35	55	75
30	22,76 ± 0,01 [a]	6,09 ± 0,03 [b]	3,22 ± 0,01 [c]	2,33 ± 0,01 [d]

Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas segundo a Análise da Variância e o teste de Tukey (P <0,05).

Em geral, a viscosidade reduziu significativamente com o aumento da temperatura. O aumento da temperatura leva as moléculas a um grau maior de agitação, reduzindo a interação intermolecular e facilitando o fluxo do fluido (Guimarães et al., 2020).

Em leites com 50% de sólidos, o leite de búfala apresentou um comportamento não newtoniano, do tipo pseudoplástico. Isso pode ser atribuído principalmente à presença de gordura, proteínas e outras moléculas complexas produzidas pelo processo de concentração. Nessas condições, as curvas de fluxo foram ser bem ajustadas pelo modelo Ostwald-De Waele; e o índice de comportamento do fluxo, n, e o índice de consistência, K (Tabela 3), foram determinados.

O índice de comportamento mostrou valores variando de 0,76 a 0,79, ou seja, menor que 1, indicando que, nessa faixa de concentração e temperatura, o leite de búfala concentrado se comporta como um fluido pseudoplástico (afinamento por cisalhamento). O índice de consistência variou de 43,83 até 258,31 mPa·s^n e, assim como a viscosidade newtoniana, diminuiu com o aumento da temperatura e aumentou com o aumento do conteúdo de sólidos.

Tabela 3. Índice de consistência e de comportamento do leite de búfala em diferentes concentrações de sólidos e temperaturas - domínio pseudoplástico

Temperatura (°C)	Coeficiente de consistência K (mPa.sn)	Índice de Comportamento n (adimensional)
	50 (% w/w)	(% w/w)
15	258,31 ± 9,55 [a]	0,76 ± 0,02 [a]
35	127,79 ± 4,87 [b]	0,77 ± 0,01 [b]
55	69,03 ± 2,00 [c]	0,78 ± 0,02 [c]
75	43,83 ± 0,42 [d]	0,79 ± 0,02 [d]

Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas segundo a Análise da Variância e o teste de Tukey (P <0,05).

A avaliação do índice de consistência do leite de búfala, não apenas em diferentes temperaturas, mas também em diferentes teores de sólidos totais, é fundamental para o adequado dimensionamento e operação de processos industriais, especialmente aqueles envolvendo evaporação, concentração e tratamento térmico. Em sistemas lácteos concentrados, o aumento do índice de consistência está diretamente associado à maior resistência ao escoamento em tubulações e trocadores de calor (Quek et al., 2013), o que pode resultar em redução da vazão, elevação do tempo de residência e intensificação do aquecimento durante a pasteurização.

Consequentemente, o aumento do índice de consistência do leite de búfala concentrado pode demandar tempos de pasteurização mais longos e levar a um maior consumo energético, impactando negativamente a eficiência do processo. Por outro lado, o tempo de residência e as condições térmicas devem ser cuidadosamente otimizados, uma vez que o superprocessamento térmico pode comprometer atributos importantes de qualidade do leite, como a estabilidade proteica, características sensoriais e valor nutricional. Assim, o conhecimento do comportamento do índice de consistência em função da temperatura e da concentração de sólidos torna-se essencial para o equilíbrio entre segurança microbiológica, qualidade do produto e eficiência energética do processo.

4. CONCLUSÕES

O comportamento reológico do leite de búfala foi influenciado pelo teor de sólidos e pela temperatura. A 30% de sólidos, o leite apresentou comportamento newtoniano em toda a faixa de 15 a 75 °C, sendo adequadamente descrito pelo modelo de Newton. Já a 50% de sólidos, observou-se comportamento pseudoplástico, melhor ajustado pelo modelo de Ostwald–de Waele. A viscosidade e o índice de consistência aumentaram com a concentração de sólidos e diminuíram com a elevação da temperatura. Esses resultados permitem a escolha adequada de modelos reológicos conforme a concentração, contribuindo para o dimensionamento e a otimização de processos industriais com leite de búfala concentrado.

REFERÊNCIAS

[1] Alcăntara, L. A. P., Da Costa Ilhéu Fontan, R., Cristina, R., Bonomo, F., De Souza, E. C., Sampaio, V. S., & Pereira, R. G. (2012). Density and dynamic viscosity of bovine milk affect by temperature and composition. **International Journal of Food Engineering**, 8(1). https://doi.org/10.1515/15563758.

[2] Anindita, L., Chang, J., Al-Rasjid, G. A. P. H., & Rahmat, E. (2026). Characterization and health effects of functional bioactives from West Sumatra's fermented buffalo milk (dadih). **Food Chemistry Advances**, 10, 101210. https://doi.org/10.1016/J.FOCHA.2025.101210

[3] Bienvenue, A., Jiménez-Flores, R., & Singh, H. (2003). Rheological Properties of Concentrated Skim Milk: Importance of Soluble Minerals in the Changes in Viscosity During Storage. **Journal of Dairy Science**, 86(12), 3813–3821. https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(03)73988-5

[4] Evangelista, R. R., Sanches, M. A. R., de Castilhos, M. B. M., Cantú-Lozano, D.,& Telis-Romero, J. (2020). Determination of the rheological behavior and thermophysical properties of malbec grape juice concentrates (Vitis vinifera). **Food Research International**, 137, 109431. https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2020.109431

[5] Govindappa, B. K., Vilas, B. P., Meena, G. S., Arora, S., Sharma, H., Singh, A. K., & Deshwal, G. K. (2026). Effect of sodium hexametaphosphate and trisodium citrate on the heat stability, rheological and functional properties of microfiltered retentate of buffalo milk. **International Dairy Journal**, 176, 106559. https://doi.org/10.1016/J.IDAIRYJ.2026.106559

[6] Guimarães, B., Martins, M. J. N., Flauzino, R. D., Basso, R. C., & Telis Romero, J. (2020). Thixotropy of sweetened condensed milk applied to flow fluid dynamics analysis of cylindrical pipes. **Journal of Food Process Engineering**, 43(6), e13397. https://doi.org/10.1111/JFPE.

[7] Karlsson, A. O., Ipsen, R., Schrader, K., & Ardö, Y. (2005). Relationship Between Physical Properties of Casein Micelles and Rheology of Skim Milk Concentrate. **Journal of Dairy Science**, 88(11), 3784–3797. https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(05)73064-2

[8] Li, L., Yang, G., Wang, N., Bian, J., Li, Y., Huang, A., Wei, G., & Wang, X. (2026). Quality evaluation of low-fat buffalo milk yogurt using ultrasound combined with microbial transglutaminase treatment. **International Journal of Biological Macromolecules**, 337, 149555. https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2025.149555

[9] Liao, J., Yang, J., Suo, H., & Song, J. (2025). Buffalo milk: nutritional composition, bioactive properties, and advances in processing technologies-a comprehensive review. **Food Chemistry: X**, 29, 102647. https://doi.org/10.1016/J.FOCHX.2025.102647

[10] Gabas, A. L., Alexandre, R., Cabral, F., Fernandes De Oliveira, C. A., & Telis- Romero, J. (2012). Density and rheological parameters of goat milk. **Food Science and Technology**, 32(2), 381–385. https://doi.org/10.1590/S0101-20612012005000033

[11] Martins, M. J. N., Guimarães, B., Polachini, T. C., & Telis-Romero, J. (2020). Thermophysical properties of carbohydrate solutions: Correlation between thermal and transport properties. **Journal of Food Process Engineering**, 43(9), e13483. https://doi.org/10.1111/JFPE.13483

[12] Quek, M. C., Chin, N. L., & Yusof, Y. A. (2013). Modelling of rheological behaviour of soursop juice concentrates using shear rate–temperature–concentration superposition. **Journal of Food Engineering**, 118(4), 380–386. https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2013.04.025

[13] Ribeiro-Sanches, M. A., Stochi, V. A. L., Borges-Machado, A. L., Augusto, P. E. D., Polachini, T. C., & Telis-Romero, J. (2024). Valorization of brewer's spent grains (BSG) through alkaline hydrogen peroxide processing: Effect on composition, structure and rheological properties. **Food and Bioproducts Processing**, 147, 239–250. https://doi.org/10.1016/J.FBP.2024.07.008

[14] Sanches, H. C., dos Santos, A. S., Gonsales, B. H. P., Borges-Machado, A. L., Ribeiro-Sanches, M. A., Telis-Romero, J., & Penna, A. L. B. (2025). Rheological Behavior of Milk From Different Species as a Function of Chemical Composition and Temperature: An Engineering Basis for Milk Processing. **Journal of Food Process Engineering**, 48(11), e70237. https://doi.org/10.1111/jfpe.70237

[15] Vélez-Ruiz, J. F., & Barbosa-Cánovas, G. V. (1998). Rheological properties of concentrated milk as a function of concentration, temperature and storage time. **Journal of Food Engineering**, 35(2), 177–190. https://doi.org/10.1016/S0260- 8774(98)00019-3

[16] Vélez-Ruiz, J. F., & Barbosa-Cánovas, G. V. (2000). Flow and structural characteristics of concentrated milk. **Journal of Texture Studies**, 31(3), 315– 333. https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2000.tb00293.x

Capítulo 5

Estudo de pós-acidificação refrigerada em iogurte com leite tipo A2

Julia Ellen Costa de Lima
Izabely Gomes Oliveira
Daniela Cavalcante dos Santos Campos
Mário Vinícius da Silva Saldanha
Valcileia da Silva Dourado
Andresa Ketle Barauna Ladislau
Anderson do Nascimento Silva

Resumo: O leite e seus derivados são alimentos de alto valor nutricional, ricos em proteínas de elevado valor biológico, entretanto seu consumo está abaixo da recomendação da OMS, devido à intolerância à lactose e alergia à proteína do leite. O leite A2, que contém apenas beta-caseína A2, é uma alternativa aos desconfortos digestivos gerados pelo leite A1. Nesse sentido o objetivo desse trabalho foi elaborar iogurtes a partir do leite tipo A2 e acompanhar sua estabilidade de prateleira a partir de análises de pós-acidificação. A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Tecnologia de Produtos Agropecuários da Escola Agrotécnica da Universidade Federal de Roraima (EAgro-UFRR). Foram preparados cultivos tradicionais para iogurte com leite em pó reconstituído tipo A1 e tipo A2, açúcar, e fermento Ricanata contendo *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*. Os iogurtes foram produzidos utilizando 2,5% dos cultivos previamente preparados, nos leites tipo A1 (ILA1) e tipo A2 (ILA2), 8% de açúcar e submetidos a fermentação até pH 4,8. Os iogurtes foram acondicionados em embalagens PET a 4 ± 2 °C e foram avaliados no dia 1 e cada 7 dias durante 28 dias. Estudos de pós-acidificação avaliaram acidez, pH e sinérese. As amostras analisadas ILA1 E ILA2 apresentaram acidez entre 0,85 e 0,96 g de ácido láctico 100g-1 obedecendo a legislação brasileira, além disso, observou-se que o ILA2 manteve os valores de acidez sempre maiores quando comparado com o ILA1. Observando os valores de pH de ambos os iogurtes nos dias 0 (ILA1 - 4,49 e ILA2 - 4,53) e 28 (ILA1 - 4,32 e ILA2 - 4,41) de avaliação confirmou-se o comportamento inverso a acidez titulável. Em relação ao Índice de sinérese, não houve diferença significativa entre os iogurtes apesar do tipo de leite utilizado. Dessa forma, conclui-se que ILA2, é mais ácido quando comparado ao ILA1, porém ambos atendem aos valores estabelecidos na legislação brasileira. Mesmo assim, são necessários estudos que envolvam a contagem destes microrganismos, a composição nutricional e a avaliação sensorial deste produto a fim de concluir mais precisamente a viabilidade e aceitabilidade deste produto.

1. INTRODUÇÃO

Recentemente a atividade leiteira do Brasil tem apresentado uma nova dinâmica no setor, motivado pelo crescimento da produção de leite nas últimas décadas, decorrentes do aumento da quantidade de animais e principalmente pela melhora na produção (Vilela et al., 2017).

As proteínas do leite são componentes essenciais dos sólidos do leite, contribuindo significativamente tanto para o valor nutricional quanto para os aspectos tecnológicos, formando o corpo e a textura de diversos produtos lácteos, particularmente iogurtes e queijos. Além disso, garantem a ingestão de proteínas, tanto em termos de qualidade quanto de quantidade (Steenson; Buttriss, 2020), alguns micronutrientes, como ferro, zinco, vitamina B12 e ácidos graxos (Leroy; COFNAS, 2020), assim como as ingestões recomendadas para manter a massa muscular saudável prevenindo problemas de saúde em grupos vulneráveis, como a sarcopenia em idosos (Henchion et al., 2021).

Apesar dos excelentes aspectos nutricionais, o consumo de leite ainda se relaciona de forma diretamente proporcional à renda nominal per capita (medida pelo Produto Interno Bruto - PIB), em que países com elevada renda também apresentam elevado nível de consumo per capita de leite, enquanto baixos valores de PIB nominal por habitante têm baixos índices de consumo de leite e derivados por habitante (Hemme, 2018).

No seu Novo Guia Alimentar para a População Brasileira (Brasil, 2014), o Brasil não estabelece nível de consumo para nenhum grupo de alimentos, assim como também não existe uma recomendação mundial de consumo de lácteos, nem da Food and Agricultural Organization (FAO), nem da Organização Mundial da Saúde (OMS). No entanto, o consumo per capita brasileiro está alinhado ao valor recomendado por vários países no mundo, que é de 2 porções ou algo em torno de 480-500 mL de leite por dia (FAO, 2013).

Embora os lácteos possuam papel fundamental na constituição alimentar dos brasileiros, esses produtos estão ligados a efeitos colaterais no trato gastrointestinal humano, sobretudo a intolerância à lactose (IL) e a alergia à proteína do leite de vaca (APLV). Segundo Fontes, (2019) a intolerância ocorre quando o organismo não está apto a digerir a lactose por causa da ausência total ou parcial da enzima específica para este fim, a lactase, que é uma enzima produzida pelas células intestinais que consegue quebrar a lactose em glicose e galactose, já a APLV é uma resposta imunológica a uma ou mais proteínas do leite e apresenta reações mais graves, por exemplo, erupção cutânea (50-70%), sintomas gastrointestinais (50-60%) e sintomas respiratórios (20-30%) .

No leite de vaca a porção proteica é dividida em dois grupos: proteínas do soro (20%) e caseínas (80%). A β-caseína representa aproximadamente 30% do total das proteínas contidas e de acordo com a genética do animal serão expressos no leite as variantes β-caseína A1 e/ou A2, originando a denominação leite A1 (no qual haverá apenas β-caseína do tipo A1 ou uma mistura de β-caseína A1 e A2) e leite A2 (no qual haverá apenas a β-caseína do tipo A2). Esses tipos de leite são diferenciados geneticamente pela substituição de apenas um aminoácido na posição 67 dos 209 aminoácidos que compõem a proteína, em que a β-caseína A1 apresenta um resíduo de histidina (His^{67}), enquanto a β-caseína A2 apresenta um resíduo de prolina (Pro^{67}) (Barbosa et al.,2019).

A literatura documenta que na β-caseína A1, a His^{67} favorece a liberação do peptídeo opioide β-casomorfina-7 (BCM-7), conhecido principalmente por causar desconforto gastrintestinal durante a digestão (Brooke-Taylor et al., 2017; Mattioli, 2024). Por outro lado, na presença do resíduo de aminoácido Pro^{67} na β-caseína A2, não ocorre a liberação

de BCM-7 ou há formação, mas em quantidades muito pequenas, sendo observado a formação de outra BCM que não apresenta nenhum efeito clínico nos humanos (De Noni et al., 2009; Mattioli, 2024).

Nesse sentido, o diferencial do leite A2 é atender mercados que necessitem e valorizem o consumo de leite, mas que relatem problemas gastrintestinais associados ao consumo de leite A1, não se restringindo a apenas o produto *in natura*, mas estendendo-se aos seus derivados a exemplo dos produtos fermentados como o iogurte. Portanto, o objetivo deste trabalho foi elaborar iogurtes a partir do leite tipo A2 e acompanhar sua estabilidade de prateleira a partir de análises de pós-acidificação.

2. METODOLOGIA

2.1. LOCALIZAÇÃO

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Tecnologia de Produtos Agropecuários da Escola Agrotécnica da Universidade Federal de Roraima (LTPA/EAgro/UFRR), Campus Murupu, município de Boa Vista-RR.

2.2. PREPARO DOS CUTIVOS MICROBIANOS NOS LEITES TIPO A1 E A2 CONTENDO *Streptococcus thermophillus e Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*

Para o preparo dos cultivos tradicionais de iogurte, 135 g de leite em pó (tipo A1 ou tipo A2), adquiridos no mercado local, foram reconstituídos em 1L de água, adicionados de 8% de açúcar e pasteurizados a 60 °C por 30 minutos. Após o processo térmico o conjunto foi resfriado a 43 ± 3 °C para adição da cultura tradicional de iogurte contendo *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus e Streptococcus thermophillus* disponíveis em fermento Ricaferm YR03 da empresa Ricanata, com incubação em estufa com circulação de ar a temperatura de 43 ± 3 °C por 4 horas ou até pH 4,8. Após a incubação os cultivos foram resfriados a 4 ± 2 °C para serem usados posteriormente na produção dos iogurtes com leite tipo A1 ou leite tipo A2.

2.3. OBTENÇÃO DOS IOGURTES

Os iogurtes foram elaborados com leite A1 (controle) e A2, padronizados em 3% de gordura e 2,5% dos cultivos tradicionais previamente preparados obedecendo a genética do leite em estudo, sendo, portanto, incubados em estufa com circulação de ar a temperatura de 41 ± 3 °C durante 4 horas. As inoculações das culturas tradicionais nos leites, foram realizadas em fluxo laminar, evitando possíveis contaminações aos produtos fermentados.

Os iogurtes, cerca de 25 ± 2 g, foram acondicionados em embalagens de polietileno tereftalato (PET) com capacidade de 145 mL e mantidas sob refrigeração em temperatura de 4 ± 2 °C durante 28 dias.

2.4. CURVA DE FERMENTAÇÃO E ESTUDOS DE PÓS-ACIDIFICAÇÃO

Para o estabelecimento da curva de fermentação, foram coletados 400 mL de amostras de leite A1 e A2, previamente incubados com as culturas tradicionais de iogurte, avaliados ao longo de 240 minutos, com coletas realizadas em nove pontos experimentais, em

intervalos de 30 minutos, quanto ao pH através de um medidor de pH de bancada previamente calibrado com soluções tampão 4 e 7 (LUCA-210) e acidez titulável (AT) determinada de acordo com a metodologia proposta por Vital et al., 2015. Os iogurtes foram misturados com água destilada (1:1 m/v) e titulados com hidróxido de sódio 0,1 M até pH 8,3 ± 0,01. A acidez titulável foi expressa em g de ácido lático 100 g^{-1} de iogurte e calculada pela equação:

$$\text{Acidez titulável g } 100\ g^{-1} = V\ x\ f\ x\ 0{,}9 \div m$$

onde V é o volume (mL) da solução de hidróxido de sódio 0,1 M utilizada na titulação; f é a molaridade da solução de hidróxido de sódio; 0,9 é o fator de conversão para o ácido lático e m é a massa (g) da amostra testada (International Organization for Standardization, 1997).

As análises de pós-acidificação foram realizadas nos iogurtes nos dias 0, 7, 14, 21 e 28 de armazenamento, por meio da determinação do pH e da AT e sinérese, determinada seguindo o procedimento descrito por DU et al. (2021), com modificações. Dez gramas de iogurte foram transferidos para tubos cônicos tipo falcon e centrifugados por 10 minutos a 3.750 x g. Em seguida, o soro foi coletado e pesado. A sinérese foi expressa em % e calculada a partir da Equação:

$$\text{Sinérese (\%)} = \frac{(massa\ da\ amostra - massa\ do\ soro\ )}{massa\ da\ amostra}\ x\ 100$$

2.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

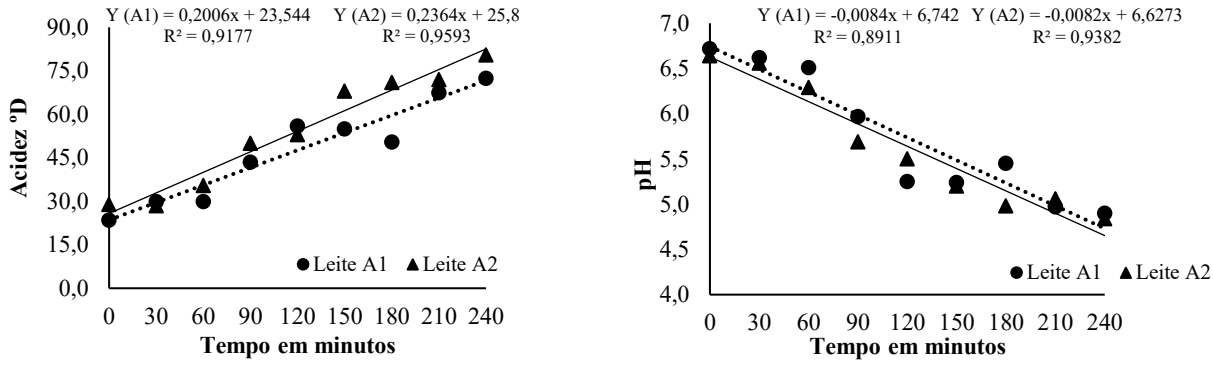
As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software Sistema para Análise de Variância – SISVAR (Ferreira, 2019). Foi implementado um delineamento fatorial inteiramente casualizado com dois produtos (controle - iogurte com leite A1 e iogurte com leite A2) e cinco períodos de armazenamento (0, 7, 14, 21 e 28 dias). As variáveis de resposta foram submetidas à análise de variância (ANOVA) para avaliar os efeitos principais do tipo de leite e do tempo de armazenamento, bem como sua interação. Quando diferenças significativas foram detectadas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey e regressão ao nível de significância de 5% ($p < 0{,}05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. CURVA DE FERMENTAÇÃO

Em relação ao fator isolado tipo de leite verificou-se que durante o período de fermentação de 240 minutos, os iogurtes com leite A2 (ILA2) apresentaram-se mais ácidos (pH 5,65 e AT 0,54 g de ácido lático 100 g^{-1}) quando comparados ao iogurte com leite A1(ILA1) (pH 5,74 e AT 0,48 g de ácido lático 100 g^{-1}). Considerando o tempo de fermentação, as curvas de AT em g de ácido lático 100 g^{-1} e pH dos iogurtes produzidos, mostraram os comportamentos de acidificação dos iogurtes com leites A1 e A2 (Figura 1).

Figura 1 – Curvas de AT (A) e pH (B) dos iogurtes com leites tipo A1 e A2 durante a fermentação



(A) (B)

A partir da acidez verificou-se que do tempo zero ao tempo 30 minutos, o ILA1 e o ILA2 encontravam-se na fase LAG de desenvolvimento microbiano. A partir do tempo 60 minutos a fase LOG ou exponencial iniciou, sendo observadas diferenças significativas na formação do ácido lático nos dois tipos de leite utilizados na produção dos iogurtes. O ILA2 apresentou maior acidez desenvolvida, finalizando o período fermentativo com 0,80 % de ácido lático, enquanto o ILA1 finalizou com 0,73% de ácido lático.

Os resultados de acidez, pH e sinérese para os iogurtes ILA1 e ILA2 durante sua pós-acidificação de 28 dias estão apresentados na Tabela 2. Os valores de acidez e pH confirmaram a maior acidificação dos iogurtes com leite A2. Em relação a sinérese, não houve diferença significativa entre os iogurtes estudados.

Tabela 2 – Valores de acidez, pH e sinérese dos leites considerando o fator isolado Tipo de leite

Tipo de Leite	Acidez em ácido lático g 100g^{-1}	pH	Sinérese (%)
A1	0,85b	4,37b	39,23a
A2	0,96a	4,47a	38,62a

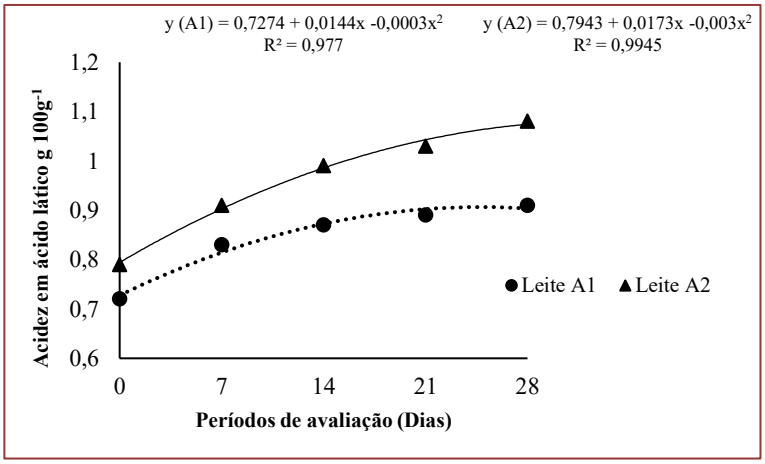
Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa a 5%.

Durante a pós-acidificação, verificou-se que as amostras analisadas de iogurtes com leite tipo A1 e tipo A2 apresentaram acidez entre 0,85 e 0,96 g de ácido láctico 100g^{-1}, estando de acordo com a legislação brasileira que prevê no mínimo 0,6 e no máximo 1,5 g de ácido láctico 100g^{-1}.

Considerando a interação tipo de leite e tempo de armazenamento verificou-se que a acidez dos ILA1 e ILA2 aumentaram exponencialmente, mantendo-se na fase LOG até o dia 21 de armazenamento refrigerado (Figura 2). E avaliando os tipos de leite utilizados nos iogurtes, o ILA2 manteve os valores de acidez sempre maiores quando comparado com o ILA1. Os estudo de pós-acidificação permitem prever a acidificação do produto, que é requisito para comercialização e aceitação, sendo seu aumento resultado da atividade contínua da microbiota durante a estocagem (Deshwal et al., 2021) afetando as

características reológicas que são fundamentais já que determinam qualidade e tempo de prateleira (Wang et al., 2019).

Figura 2 - Valores de acidez nos ILA1 e ILA2 durante a pós-acidificação refrigerada de 28 dias



Observando os valores de pH de ambos os iogurtes nos dias 0 e 28 de avaliação (Tabela 3), verificou-se a redução nos valores, acompanhando o comportamento da AT. Não há na legislação limites de pH estabelecidos para iogurtes, entretanto, valores entre 3,7 e 4,6 são comumente descritos para iogurtes (Faria, 2020). Resultados semelhantes foram encontrados nos estudos de Bett et al. (2017), em que ao final dos 35 dias de armazenamento refrigerado, o pH mostrou reduções variando de 4,9 a 4,33.

Tabela 3 – Valores de pH durante a pós-acidificação de iogurtes com leites tipo A1 e A2 nos 28 dias de armazenamento, considerando a interação *Tipo de leite x Tempo de armazenamento*

Tipo de Leite	Períodos de avaliação (Dias)				
	0	**7**	**14**	**21**	**28**
A1	4,49Aa	4,28Cb	4,44ABa	4,32BCa	4,32BCa
A2	4,53ABa	4,59Aa	4,45ABCa	4,34Ca	4,41BCa

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa a 5%.
Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa a 5%.

Em relação ao fator isolado períodos de avaliação, foi observada redução nos valores de sinérese dos iogurtes estudados (Tabela 4), mesmo ocorrendo aumento significativo na acidez durante o tempo de armazenamento refrigerado. A sinérese é resultado da desnaturação proteica que ocorre quando o pH alcança o ponto isoelétrico das proteínas, desestabilizando as micelas de caseína causando a perda de líquido (Machado et al., 2017; Bezerra et al.,2017).

Tabela 4 – Valores de sinérese durante a pós-acidificação de iogurtes nos 28 dias de armazenamento, considerando a interação *Tipo de leite x Tempo de armazenamento*

Tipo de Leite	Períodos de avaliação (Dias)				
	0	7	14	21	28
A1	41,87aA	39,83aAB	41,11aAB	37,25aAB	36,08aB
A2	41,96aA	36,98aB	36,20bAB	40,03aAB	37,93AaB

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa a 5%.
Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa a 5%.

Não foram observadas diferenças significativas nos valores de sinérese entre os diferentes tipos de leite avaliados. Por outro lado, verificaram-se variações ao longo do período de pós-acidificação, com redução no desprendimento de líquido durante o tempo de armazenamento. Os aspectos dos iogurtes durante sua pós-acidificação, dentre elas a sinérese, são influenciados pela composição do leite, conteúdo de sólidos totais, condições do processamento térmico, relação entre os microrganismos incubados, processo fermentativo (tempo e temperatura) e tempo de estocagem (Wang et al., 2019).

Avaliando os tipos de leite utilizados na produção de iogurte, os cultivos microbianos, tratamento térmico, tempo de fermentação e estocagem, observou-se que a pós-acidificação ao longo os 28 dias de armazenamento refrigerado não aumentou a sinérese mantendo a tendência das caseínas em formar gel para aprisionar o soro por meio de ligações de hidrogênio (Zhao et al., 2016), sendo uma excelente prospecção para produção de iogurte com leite tipo A2.

4. CONCLUSÃO

O iogurte com leite tipo A2 foi mais ácido quando comparado ao iogurte com leite A1, estando a acidez dentro dos valores estabelecidos na legislação brasileira nos tempos de prateleira estabelecidos.

Foi observada redução na sinérese ao longo do período de avaliação concluindo excelente estabilidade de prateleira dos iogurtes nas condições estabelecidas neste trabalho, sendo, portanto, viável a produção de iogurte com leite A2.

REFERÊNCIAS

[1] BARBOSA, Marina Gomes; SOUZA, Alisson Borges de; TAVARES, Guilherme Miranda; ANTUNES, Adriane Elisabete Costa. Leites A1 e A2: revisão sobre seus potenciais efeitos no trato digestório. Segurança Alimentar e Nutricional, Campinas, v. 26, n. 1, p.1-11, 2019.

[2] BÄR, C.; MATHIS, D.; NEUHAUS, P.; DÜRR, D.; BISIG, W.; EGGE, L.; PORTMANN, R. Protein profile of dairy products: simultaneous quantification of twenty bovine milk proteins. **International Dairy Journal**, v. 97, p. 167–175, 2019.

[3] BETT, S. C.; PICANÇO, N. F. M.; FARIA, R. A. P. G.; FERREIRA, C. L. P. **Características físico-químicas, microscópicas e microbiológicas de polpa e xarope de mangaba**. In: Ciência e Tecnologia dos Alimentos. Belo Horizonte: Poisson, 2019. p. 4–8.

[4] BEZERRA, M. F.; SOUZA, D. F. S.; CORREIA, R. T. Acidification kinetics, physicochemical properties and sensory attributes of yoghurts prepared from mixtures of goat and buffalo milks. **International Journal of Dairy Technology**, v. 65, n. 3, p. 437–443, 2012

[5] BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Guia alimentar para a população brasileira / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica. – 2. ed., 1. reimpr. – Brasília: Ministério da Saúde, 2014. 156 p.: il.

Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_2ed.pdf. Acesso em 18 de mar. de 2025.

[6] BROOKE-TAYLOR, S.; DWYER, K.; WOODFORD, K.; KOST, N. Systematic Review of the Gastrointestinal Effects of A1 Compared with A2 β-Casein. **Advances in Nutrition**. v. 8, n. 5, p. 739-748, 2017

[7] DE NONI, R. J.; FITZGERRALD, H. J. T.; KORHONEN, Y.; LE ROUX, C. T.; LIVESEY, I.; THORSDOTTIR, D.; TOMÉ, R.W. Scientific Report of EFSA prepared by a Datex Working Group on the potential health impact of β-casomorphins and related peptides. **EFSA Science Report**. v. 231, p. 231:1-107, 2009.

[8] DESHWAL, G. K.; TIWARI, S.; KUMAR, A.; RAMAN, R. K.; KADYAN, S. Review on factors affecting and control of post-acidification in yoghurt and related products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 109, p. 406–417, 2021

[9] DU, H.; YANG, H.; WANG, X.; ZHU, F.; TANG, D.; CHENG, J.; LIU, X. Effects of mulberry pomace on physicochemical and textural properties of stirred-type flavored yogurt. **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. 12, p. 12403–12414, 2021.

[10] FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Milk and dairy products in human nutrition**. Rome, 2013. Disponível em: www.fao.org/docrep/018/i3396e/i3396e.pdf. Acesso em 18 de mar. de 2025.

[11] FARIA, A. P. A. Influência do leite com elevada contagem de células somáticas sobre características físico-químicas e processo de fermentação de iogurte. **Ciência Animal Brasileira**, v. 21, e-59273, 2020.

[12] FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529–535, 2019.

[13] FONTES, Flávia. Tudo o que você precisa saber sobre leite A2. In: REVISTA LEITE INTEGRAL. O leite no mundo. Belo Horizonte, 14 jan. 2019. Disponível em: https://www.revistaleiteintegral.com.br/noticia/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-leite-a2. Acesso em 1 mar. 2026.

[14] HEMME, T. (ed.). **IFCN Dairy Report** 2018. Kiel, Germany: IFCN, 2018.

[15] HENCHION, M.; MOLONEY, A. P.; HYLAND, J.; ZIMMERMANN, J.; MCCARTHY, S. Trends for meat, milk and egg consumption for the next decades and the role played by livestock systems in the global production of proteins. **Animal**, v. 15, p. 100287, 2021.

[16] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION**. Yogurt: determination of titratable acidity – potentiometric method.** Genebra: ISO, 1997.

[17] LEROY, F.; COFNAS, N. Should dietary guidelines recommend low red meat intake? Critical **Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 60, p. 2763–2772, 2020.

[18] MACHADO, T. A. D. G.; OLIVEIRA, M. E. G.; CAMPOS, M. I. F.; ASSIS, P. O. A.; SOUZA, E. L.; MADRUGA, M. S.; et al. Impact of honey on quality characteristics of goat yogurt containing probiotic *Lactobacillus acidophilus*. **LWT – Food Science and Technology**, v. 80, p. 221–229, 2017.

[19] MATTIOLI, L. M. **Qualidade do leite A2 pasteurizado tipo A comercializado em Belo Horizonte, Minas Gerais**. 2024. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, 2024. Disponível em:https://vet.ufmg.br/tese-e-dissertacao/qualidade-do-leite-a2-pasteurizado-tipo-a-comercializado-em-belo-horizonte-minas-gerais/. Acesso em: 31 mar 2026.

[20] VITAL, A. C. P.; GOTO, P. A.; HANAI, L. N.; GOMES-DA-COSTA, S. M.; ABREU FILHO, B. A.; NAKAMURA, C. V.; et al. Microbiological, functional and rheological properties of low fat yogurt supplemented with *Pleurotus ostreatus* aqueous extract. **LWT – Food Science and Technology**, v. 64, n. 2, p. 1028–1035, 2015.

[21] VILELA, D.; RESENDE, J. C.; ALVES, E. A evolução do leite no Brasil em cinco décadas. **Revista de Política Agrícola**, n. 1, p. 5–24, 2017.

[22] STEENSON, S.; BUTTRISS, J. The challenges of defining a healthy and 'sustainable' diet. **Nutrition Bulletin**, v. 45, p. 206–222, 2020.

[23] WANG, X.; KRISTO, E.; LAPOINTE, G. The effect of apple pomace on the texture, rheology and microstructure of set type yogurt. **Food Hydrocolloids**, v. 91, p. 83–91, 2019.

[24] ZHAO, L.; WANG, X.; TIAN, Q.; MAO, X. Effect of casein to whey protein ratios on the protein interactions and coagulation properties of low-fat yogurt. **Journal of Dairy Science**, v. 99, p. 7768–7775, 2016.

Capítulo 6

Aproveitamento de casca de melão pele de sapo (Cucumis melo 'Santa Claus) na elaboração de sorvete enriquecido com whey protein

Raquel Brandão
Jussara Navarini
Kelly de Moraes

Resumo: O avanço contínuo da indústria alimentícia busca não apenas satisfazer as necessidades sensoriais dos consumidores, mas também, promover saúde e bem-estar. Nesse contexto, a utilização de subprodutos alimentares, como a casca do melão, torna-se uma fonte rica em nutrientes e compostos bioativos que ganha destaque. Neste sentido, o estudo teve como objetivo desenvolver e analisar sensorialmente um sorvete à base de suco extraído da casca de melão pele de sapo, enriquecido com suplemento proteico (Whey Protein). Foram realizadas três formulação de sorvetes: formulação padrão (P), formulação com 10% de Whey Protein (P+10%) e a formulação com 20% de Whey Protein (P+20%). A aceitação sensorial dos sorvetes foi avaliada por 50 consumidores não treinados, utilizando um teste cego com escala hedônica de 9 pontos, abrangendo os atributos de aparência, sabor, textura e aceitação global (OAL). Além disso, foi realizada avaliação da intenção de compra (IC) e da escala do ideal, caso o produto estivesse disponível no mercado. Os resultados obtidos por meio da análise de variância (ANOVA), com intervalo de confiança de 95% ($p<0,05$), indicaram que, em relação aos atributos sensoriais de aparência, aroma, textura, sabor e aceitação global, não houve diferenças significativas entre os grupos. A única variável com diferença estatisticamente significativa foi a intenção de compra (IC), sendo que a formulação padrão (P) e a formulação com 10% de Whey Protein (P+10%) apresentaram melhores resultados. Os atributos sensoriais como sabor e textura sugerem que ajustes na formulação são necessários para otimizar o produto e ampliar seu apelo no mercado. Estes resultados indicam que melhorias nas características sensoriais, especialmente sabor e textura, são essenciais para o sucesso do produto no mercado.

Palavras-chave: Casca de melão, Whey Protein, inovação, Sorvete.

1. INTRODUÇÃO

O constante avanço da indústria alimentícia tem sido marcado pela busca incessante por inovação e alternativas que promovam não apenas a satisfação sensorial, mas também, saúde e bem-estar dos consumidores. Dessa forma, a utilização de subprodutos agrícolas, até então subestimados, tem despertado o interesse de pesquisadores e produtores como uma oportunidade para desenvolver alimentos mais nutritivos e sustentáveis.

Dentre esses subprodutos, destaca-se a casca do melão pele de sapo (*Cucumis melo L.*), uma fonte rica em nutrientes e minerais como cálcio, fósforo, sódio, magnésio e potássio. Além disso, apresenta em sua composição compostos bioativos (compostos fenólicos e β-caroteno) conferindo a este subproduto propriedades calmantes, alcalinizante, oxidante, diurético, laxante e emoliente (Rolim et al., 2018).

O melão faz parte das frutas mais consumidas pelos seres humanos, no entanto, sua casca é frequentemente descartada como resíduo, embora possua concentração significativa de vitaminas, minerais e fibras. Além disso, cascas, sementes e sobras dos cortes constituem aproximadamente 60% dos resíduos do processamento mínimo do melão (Amadeu et al., 2020) e podem ser reaproveitadas em formulações de produtos com novo sabor, como o sorvete.

Por outro lado, o sorvete é um produto amplamente consumido em nível global, apreciado por suas qualidades sensoriais que proporcionam prazer e satisfação aos consumidores. A sua popularidade tem incentivado a indústria alimentícia a investir em pesquisas e desenvolvimento de novas formulações, buscando não apenas diversificar os sabores e texturas, mas também, atender as demandas específicas do mercado, como opções com baixo teor de açúcar, versões veganas e produtos enriquecidos com probióticos ou ingredientes funcionais (Macedo, 2023).

Outro fator que tem recebido destaque no meio científico, principalmente na área de nutrição e no mercado alimentar, é a suplementação proteica, visto que, oferece praticidade para pessoas com falta de tempo para uma alimentação adequada, principalmente para indivíduos que praticam atividade física (Rodrigues et al.; 2018). Dessa forma, o uso de produtos proteicos, como os obtidos de proteína do soro, possui alto valor nutricional, contribuindo para a manutenção e desenvolvimento da massa muscular.

No entanto, para que um produto possa ser disponibilizado ao consumidor é necessário que o mesmo passe por análises físico-químicas, nutricionais, sensoriais e microbiológicas, visto que estas análises trazem informações importantes aos consumidores. Para tanto, a análise sensorial é uma ferramenta que fornece dados sobre as preferências dos consumidores e potenciais melhorias na fórmula assegurando que o produto desenvolvido contribua para a redução do desperdício alimentar, oferecendo uma experiência sensorial agradável e competitiva no mercado. Essa ferramenta envolve a utilização dos sentidos humanos – visão, olfato, paladar, tato e audição – para medir a qualidade sensorial, incluindo atributos como sabor, textura, aroma e aparência (ABNT, 1993).

Neste contexto, o estudo aborda o desenvolvimento e a análise sensorial de um sorvete utilizando o suco extraído da casca do melão pele de sapo, agregando valor a um subproduto muitas vezes desperdiçado, enriquecido com suplemento proteico (Whey Protein). Essa abordagem oferece a oportunidade de criar um produto características sensoriais inovadoras e contribuindo para o aumento da qualidade nutricional.

Diante disso, presente estudo teve como objetivo desenvolver formulações de sorvete à base de suco de casca de melão pele de sapo enriquecido com suplemento proteico (Whey Protein), além de realizar análise sensorial e aceitação por partes dos provadores.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A elaboração do sorvete e a avaliação sensorial foram realizadas nas seguintes etapas: processamento da preparação da matéria-prima, formulação e elaboração do sorvete e análise sensorial.

2.1. PROCESSAMENTO DAS MATÉRIAS-PRIMAS

Utilizou-se melões (*Cucumis melo L.*) da variedade Pele de Sapo oriundos do município de Cruz Alta, Rio Grande do Sul. Os frutos foram recepcionados e selecionados de acordo com estádio de maturação e ausência de danos físicos, sendo em seguida submetidos à lavagem com auxílio de esponja e posterior sanitização com solução de hipoclorito de sódio (150 ppm) durante 15 min e enxágue em água corrente. Logo após, os melões foram descascados manualmente com facas de aço inoxidável, havendo a separação manual da polpa, cascas e sementes. As cascas foram cortadas em proporções menores, trituradas em liquidificador doméstico e coadas para extração do suco e, posteriormente, usado na elaboração do sorvete.

2.2. ELABORAÇÃO DO SORVETE

O sorvete foi preparado com base na metodologia de Silva, Pissinin e Silveira (2017), com algumas adaptações. As quantidades utilizadas estão especificadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Formulações dos sorvetes com suco de casca de melão e whey protein

Ingredientes	P	P+10%	P+20%
Açúcar (g)	120	120	120
Leite (L)	1	1	1
Leite condensado (g)	395	395	395
Creme de leite (g)	200	200	200
Emulsificante (g)	40	40	40
Ovo (g)	45	45	45
Suco da casca do melão (mL)	500	500	500
Whey protein (g)	-	230	460

Legenda: P: sem adição de whey protein; P+10%: padrão + 10% de whey protein; P+20%: padrão + 20% whey protein

Fonte: Autoras, (2026).

Foram desenvolvidas três formulações de sorvete contendo a mesma concentração de suco de casca de melão, diferenciadas pela variação na quantidade de proteína do soro de leite (whey protein). Dessa forma, elaborou-se uma formulação padrão sem adição

proteica (P) e duas formulações enriquecidas com proteína do soro de leite (whey protein), contendo 10% (P+10%) e 20% (P+20%), respectivamente.

Inicialmente, o leite foi pasteurizado a fim de destruir os microrganismos presentes, sendo aquecido a 75°C por 15 segundos e resfriado a 4°C. Em seguida, adicionou-se o creme de leite até obter uma mistura e então reservada. As gemas e o açúcar foram batidos na batedeira e, gradualmente, adicionou-se o leite pasteurizado com a adição do creme de leite. Em seguida, no liquidificador, foram homogeneizados o leite condensado, o emulsificante e o suco extraído da casca do melão. Por último, a mistura do liquidificador foi incorporada aos ingredientes da batedeira até que alcançasse a consistência desejada para o sorvete, adicionando ao final o whey protein. A mistura foi então levada ao freezer por 24 horas. Após esse período, o sorvete novamente batido, por aproximadamente, vinte minutos. Por fim, realizou-se o envasamento em embalagens previamente esterilizadas e armazenada a –18 °C até o momento da realização da análise sensorial.

2.3. PERFIL DOS AVALIADORES

Para a avaliação sensorial foram recrutados 50 participantes habituais no consumo de sorvetes, sem histórico de alergias, intolerâncias ou sensibilidades à lactose, proteínas do leite ou quaisquer outros ingredientes presentes na formulação do produto. Aplicou-se inicialmente um questionário socioeconômico para traçar o perfil dos participantes e avaliar a frequência no consumo de sorvete. Os participantes foram previamente instruídos a assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), formalizando sua concordância em participar da pesquisa.

Destaca-se que todos os participantes tiveram sua identidade preservada e esta pesquisa foi submetida para aprovação junto ao Comitê de Ética em Pesquisa da instituição de ensino UERGS tendo número do parecer 7.045.476.

2.4. TESTES SENSORIAIS

Os testes sensoriais foram conduzidos em ambiente centralizado (CLT – *Central Location Testing*), com estrutura de nível laboratorial, conforme metodologia descrita por Dutcosky (2019). As avaliações ocorreram nas instalações da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, em um espaço controlado, caracterizado por baixa movimentação, ausência de ruídos e adequado para a realização de análises sensoriais, com todos os materiais necessários devidamente disponíveis. Os participantes receberam instruções específicas para cada tipo de análise e foram acompanhados quando necessário.

2.5. TESTE DE ACEITAÇÃO

Para a avaliação da aceitação das formulações desenvolvidas (P, P+10% e P+20%), foi realizado teste cego utilizando a escala hedônica estruturada de 9 pontos, conforme a norma ABNT Nbr ISO 11136:2022, que estabelece métodos para medir, em um ambiente controlado, o grau em que os consumidores gostam ou desgostam de um produto. Os escores variaram de 1 ("desgostei extremamente") a 9 ("gostei extremamente"). Cinquenta avaliadores analisaram os atributos de aparência, sabor, textura e aceitação global (*overall liking* - OAL). Além da avaliação hedônica, foi aplicada a escala do ideal e a intenção de compra (IC), considerando a hipótese de o produto estar disponível no mercado, de acordo com os critérios descritos por Meilgaard, Carr e Civille (1999).

O teste sensorial foi realizado em conformidade com a norma ISO 8589:2007. As diretrizes para execução dos testes seguiram os critérios estabelecidos pela norma ISO 6658:2005. O experimento foi contínuo de forma monádica e balanceada, utilizando amostras codificadas com números aleatórios de três dígitos e apresentadas em cortes homogêneos. Cada avaliador recebeu aproximadamente 30 g de sorvete em recipientes plásticos brancos, acompanhados de água mineral para limpeza do palato entre as amostras.

2.6. ANÁLISE DE DADOS

Para o tratamento dos dados foi aplicada análise estatística descritiva através da distribuição de frequências, avaliação da distribuição normal pelo de teste de Levene, a fim de verificar os pressupostos da Análise de Variância (ANOVA) dos atributos sensoriais. Havendo diferença significativa entre as amostras, foi realizada a diferença mínima significativa (DMS) por Least square difference (LSD), com intervalo de confiança adotado foi de 95%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente, foi traçado o perfil dos participantes a partir das respostas obtidas no questionário. Foi possível observar que 72 % dos participantes é do gênero feminino, 24 % masculino e o restante não responderam à questão referente ao gênero. Quanto a faixa etária, observou-se que a maior parte, 45% do total, apresentaram idade entre 21 a 25 anos, 23 % está na faixa de 26 a 30 anos, 24 % dos participantes entre 31 e 40 anos e uma pequena porcentagem apresentam faixa etária de 41 a 60 anos. Alves (2022), avaliou o perfil dos consumidores de sorvetes e picolés e observou que a idade média dos participantes foi de 26,3 anos, o que corrobora com os dados encontrados no presente estudo em que o maior percentual de consumidores é predominantemente concentrado entre jovens adultos, com uma queda significativa em faixas etárias mais avançadas.

Também foi analisado os dados de frequência de consumo de sorvete e pode-se observar que a maioria dos avaliadores consome sorvete de forma esporádica, com 20 de participantes, seguido de um número significativo de avaliadores (n=12) que consomem sorvete uma vez por mês e apenas 3 pessoas não têm o hábito de consumir sorvete. Silva et al. (2023), afirmam que apesar de grande parte da população consumir sorvete, a frequência de consumo é relativamente baixa, uma vez que 27,2% consomem 2 vezes por mês, 25,7% menos de uma vez e 23,5% uma vez por mês, corroborando com os dados obtidos. Dessa forma, podemos observar que, embora muitos apreciem o sorvete ocasionalmente, um consumo mais frequente é menos comum.

A análise do comportamento do consumidor é essencial para compreender os motivos que o levam a consumir ou não um determinado produto, bem como os fatores que influenciam o processo de compra de alimentos. No desenvolvimento de um novo produto, é fundamental otimizar parâmetros como textura, sabor, cor e a interação entre diferentes aspectos, a fim de alcançar uma boa aceitabilidade (Athayde, 1999).

Os testes afetivos avaliam a resposta dos indivíduos com relação a aceitação de um produto ou características específicas deste, utilizando consumidores habituais ou potenciais. Dessa maneira, a análise da aceitação reflete o grau em que os consumidores gostam ou desgostam de determinado produto (Dutcosky, 2019).

Os resultados da análise de variância (ANOVA), expressados na Tabela 2 indicam que, para a maioria dos grupos, não há diferenças significativas nas variâncias, especificamente na aparência, aroma, textura, sabor e aceitação global (OAL). Rodrigues et al. (2018) avaliaram sorvete padrão (sem adição de proteína do soro do leite) em comparação com três formulações que incluíam diferentes concentrações de proteína do soro do leite (3,7%, 15,0% e 39,5%). Os resultados se assemelham aos encontrados nesse estudo, mostrando que não houve diferença significativa entre as formulações ($p < 0,05$), em relação aos atributos analisados, como sabor, textura, aroma, cor, aparência e aceitação geral.

Tabela 2 - Análise de variância dos dados obtidos para os diferentes atributos

Atributos	SS Effect	Df Effect	Ms Effect	SS Error	Df Error	Ms Error	F	P
Aparência	7,41	2	3,70	210,38	147	1,43	2,59	0,07
Aroma	3,89	2	1,94	282,94	147	1,92	1,01	0,366
Textura	2,52	2	1,26	305,48	147	2,07	0,61	0,54
Sabor	4,00	2	2,00	364,96	147	2,48	0,81	0,44
Aceitação Global	6,77	2	3,38	278,30	147	1,89	1,79	0,17
Intenção de Compra	9,65	2	4,82	95,18	147	0,64	7,45	<0,001

Legenda: F: critico; P: probabilidade das médias (95%); valores de $p < 0,05$ foram considerados estatisticamente. SS: soma quadrática total; MS: media quadrática; SS: erro soma quadrática; Df: erro de graus de liberdade; MS: media quadrática do erro;

Fonte: Autoras, (2026).

A média obtida para os atributos de aparência foi relativamente alta, no entanto não se observaram diferenças significativas entre as amostras avaliadas. Isso indica que a adição de whey protein nas concentrações de 10% ou 20% não teve um impacto substancial na percepção sensorial desses atributos pelos consumidores.

A média baixa de textura, registrada em 2,52 sugere uma desaprovação por parte dos consumidores em relação a este atributo. A ausência de variações significativas entre a formulação padrão e as versões contendo whey protein P+10% e P+20%, indicam que ambas apresentaram características de textura semelhantes, não agradando os consumidores. Resultados semelhantes foram encontrados nos estudos de Souza et al. (2021) e Reck et al. (2016), isso pode ter acontecido porque a maioria dos provadores recrutados não consome produtos à base de proteína, não representando o público-alvo ideal. Essa condição provavelmente influenciou os resultados finais da análise, especialmente no que diz respeito à aceitação global dos produtos.

Sendo assim, a diferença de médias foi realizada apenas na intenção de compra (IC), pois foi o único atributo que demonstrou diferença significativa. A média de 6,77 sugeriu que a adição de whey protein influenciou positivamente na intenção de compra dos consumidores, mostrando que a formulação padrão (P) e a com 10% de whey protein (P+10%) foram as mais apreciadas, com o P+20% apresentando a menor intenção de compra.

Na Tabela 3 estão descritas as médias dos atributos da avaliação das amostras, onde observa-se que em termos de aparência, as amostras "P" e "P + 10%" são percebidas de maneira semelhante e mais favorável em comparação com "P + 20%". No que diz respeito

ao aroma, a amostra "P" é significativamente inferior às amostras "P + 10%" e "P + 20%", sugerindo que a adição de 10% ou 20%, melhora o aroma em relação à amostra original "P". Quanto à textura, a amostra "P + 10%" se destaca ligeiramente, enquanto "P" e "P + 20%" não apresentaram diferença significativa, indicando uma melhoria com 10% de modificação, mas não com 20%.

Tabela 3 - Média dos atributos das amostras e desvio padrão

Atributos	P	P+10%	P+20%
Aparência	7,94 ± 0,84[a]	7,82 ± 1,15[a]	7,42 ± 1,50[b]
Aroma	7,14 ± 1,48[a]	7,64 ± 1,28[b]	7,50 ± 1,39[b]
Textura	7,28 ± 1,28[a]	7,58 ± 1,51[b]	7,34 ± 1,52[a]
Sabor	7,44 ± 1,31[a]	7,64 ± 1,59[a]	7,24 ± 1,79[b]
Aceitação global	7,46 ± 1,22[a]	7,70 ± 1,30[a]	7,18 ± 1,59[b]
Intenção de compra	4,06 ± 0,77[a]	4,22 ± 0,79[a]	3,62 ± 0,85[b]

Legenda: Letras iguais, em uma mesma linha, indicam que não há diferença significativa (p>0,05) entre as amostras, nos diferentes atributos e IC avaliados

Fonte: Autoras, (2026).

Em relação ao sabor, as amostras "P" e "P + 10%" diferiram significativamente da amostra "P + 20%", sugerindo que concentrações mais elevadas de proteína podem não ser bem aceitas em termos gustativos. Resultados comparáveis foram apresentados por Berno, Spoto e Canniatti-Brazaca (2007) nas análises das características químicas e sensoriais de pães enriquecidos com proteína do soro de leite bovino. Nesse estudo, as amostras enriquecidas com 10% e 15% de whey protein apresentaram sabor diferenciado em relação à desse ingrediente melhora o sabor. Contudo, os autores também destacaram que concentrações mais elevadas podem não agradar ao consumidor, corroborando a descoberta de que níveis excessivos de alteração prejudicam o sabor.

Esse padrão é reafirmado por Reck et al. (2016), que investigaram parâmetros sensoriais em sorvetes com diferentes porcentagens de proteína na formulação. Observaram que o sorvete com menor porcentagem de proteína foi o mais aceito pelos avaliadores. Isso reflete uma tendência comum em produtos alimentares: a adição de ingredientes que alteram a composição química pode melhorar o sabor até certo limite, além da qualidade do impacto no paladar.

A aceitabilidade geral (OAL) e intenção de compra tiveram resultados iguais, ou seja, é maior na amostra "P + 10%", seguida pela "P", com "P + 20%" sendo a menos aceitável, sugerindo que a adição de 20% pode comprometer a compra do produto.

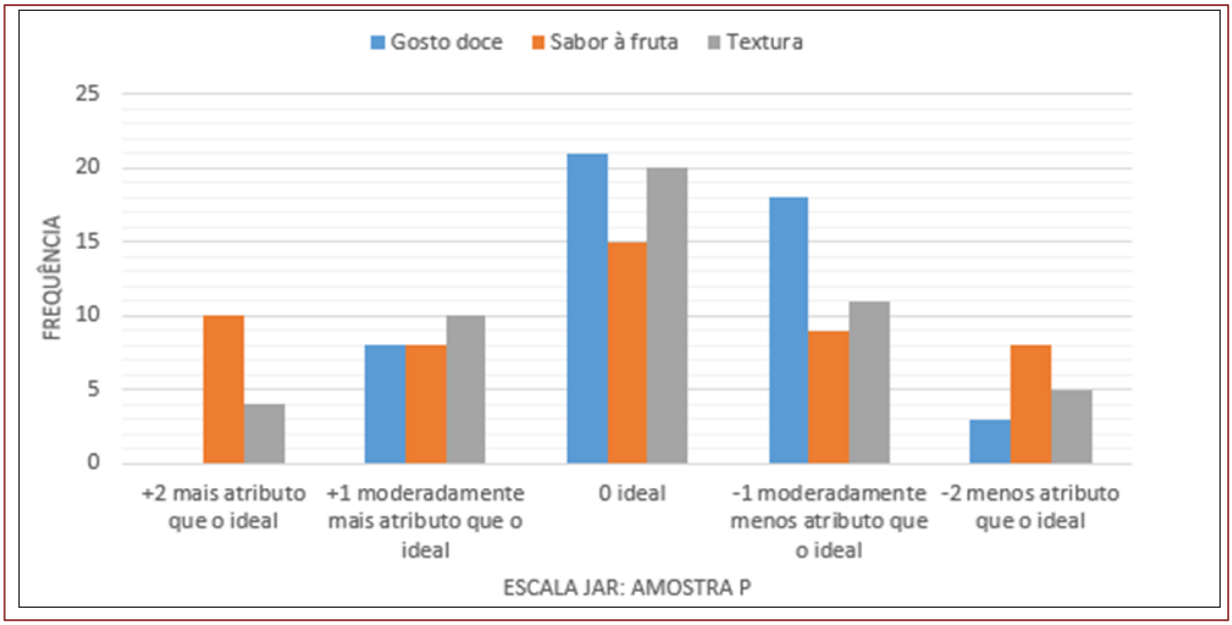
Os resultados apresentados na escala JAR para a Amostra P (Figura 1) permitiram uma análise detalhada das percepções dos consumidores em relação aos atributos sensoriais de doçura, sabor à fruta e textura. Cerca de 21% dos participantes avaliaram a doçura como ideal (0 ideal), com uma alta frequência, indicando que este atributo está alinhado com as expectativas dos consumidores. O sabor à fruta também apresentou uma frequência elevada de avaliações ideais, seguido pela textura, sugerindo que esses atributos também estão próximos ao ideal desejado.

Entretanto, as frequências nas categorias +1 e -1 revelam algumas variações nas percepções. A doçura, com uma frequência considerável na categoria +1, sugere que

alguns consumidores acham que este atributo está ligeiramente acima do ideal. Já o sabor à fruta e a textura mostram uma distribuição mais equilibrada nas categorias -1 e +1, indicando uma variação nas preferências dos consumidores que pode ser atribuída a diferenças individuais.

Cielo (2018) elaborou iogurtes com duas concentrações diferentes de whey protein: 10% (T1), 12% (T2) e um tratamento controle (T3). No estudo foi observado que no aspecto sensorial, a adição de whey protein prejudicou a textura dos iogurtes desenvolvidos, pois quanto maior a concentração, mais consistente e grumoso era o produto. O tratamento T3, que não possuía whey protein, foi o que apresentou melhor performance nos quesitos sensoriais. Resultados semelhantes podem ser observados na Figura 1, onde visualiza-se a baixa frequência nas categorias +2 e -2 para todos os atributos, demonstrando que poucos consumidores percebem grandes desvios do ideal, o que é um indicativo positivo de que a maioria das características sensoriais do produto está bem ajustada. Portanto, a análise dos resultados da escala JAR apontou que a doçura é o atributo mais próximo do ideal, enquanto o sabor à fruta e a textura, embora considerados bons, apresentam oportunidades de ajustes para atender ainda melhor às expectativas dos consumidores.

Figura 1 - Distribuição das notas aplicadas na Escala do Ideal – JAR - amostra P



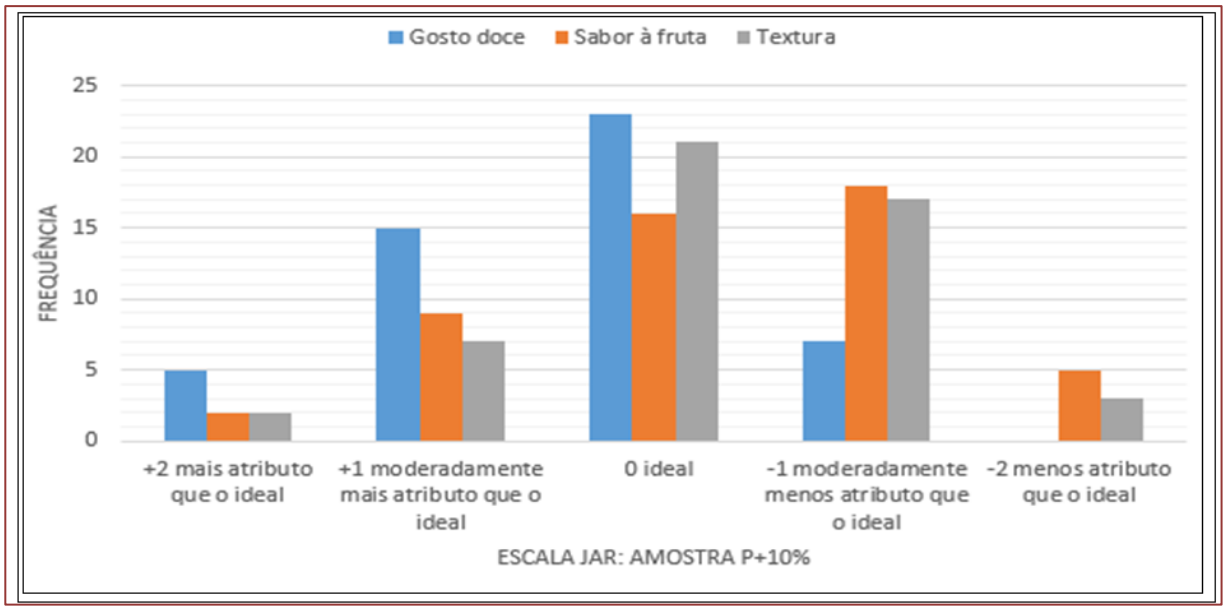
Fonte: Autoras, (2026).

Os resultados da escala JAR para a Amostra P+10%, revelaram que os atributos sensoriais de doçura, sabor à fruta e textura estão próximos do ideal desejado pelos consumidores. A maioria dos participantes classificou o gosto doce como ideal, com frequências notáveis também para o sabor à fruta e a textura. No entanto, a presença de respostas nas categorias +1 e -1 sugere que alguns consumidores percebem a doçura como ligeiramente mais intenso que o ideal e o sabor à fruta e a textura como menos intensos, indicando variações nas preferências dos consumidores.

Em termos técnicos, a baixa frequência nas categorias +2 e -2 para todos os atributos sugere uma boa calibração dos mesmos, mas há espaço para melhorias. Estudo realizado

por Vilela et al. (2020), ao comparar seis formulações com diferentes concentrações de soro, sendo o leite parcialmente substituído por diferentes concentrações de soro, cujas porcentagens foram 16,67%, 25%, 33,33%, 41,67%, 50% e 58,33% respectivamente, concluíram que o intervalo de maior aceitação esteve entre os valores intermediários de substituição de leite por soro de leite, destoando apenas para os intervalos com maiores quantidades de soro, que mesmo apresentando diferença significativa em muitos atributos, demonstraram maior aceitação que a amostra com menor quantidade de soro, pelo mapa de preferência, sendo observados resultados semelhantes aos obtidos na Figura 2.

Figura 2- Distribuição das notas aplicadas na Escala do Ideal – JAR - amostra P+10%



Fonte: Autoras, (2026).

Ajustes na formulação do produto podem alinhar ainda mais os atributos sensoriais com as expectativas dos consumidores, especialmente no que diz respeito a doçura e ao sabor à fruta. Essas percepções são cruciais para o desenvolvimento e a otimização de produtos, assegurando que eles atendam de forma mais eficaz às preferências do público-alvo e aumentem a satisfação do consumidor.

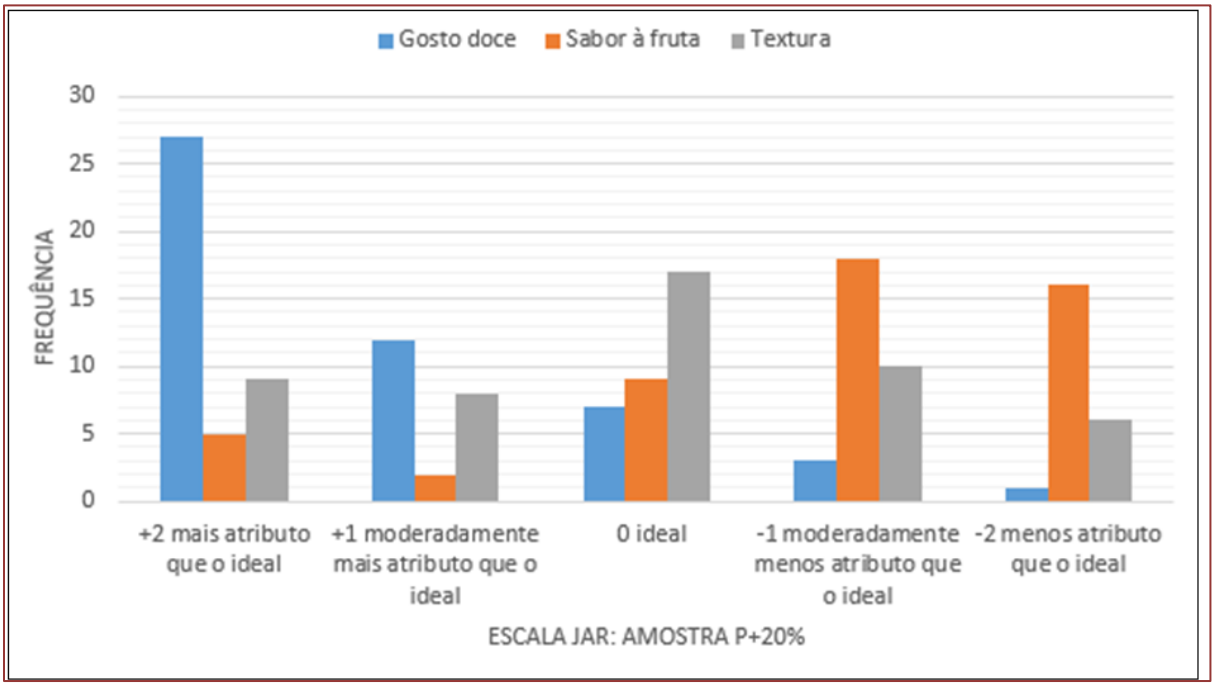
Os resultados da análise JAR da amostra P+20% indicaram que a doçura precisa ser ajustada para reduzir sua intensidade, já que a maioria dos consumidores o considerou "mais atributo que o ideal" (Figura 3). O sabor à fruta, por outro lado, apresentou uma alta frequência na categoria -2, mostrando que é percebido como insuficiente e precisa ser intensificado. A textura foi, em geral, bem avaliada, com a maioria das respostas na categoria "ideal", mas ainda existem consumidores que a percebem como ligeiramente insuficiente.

Esses resultados sugerem que, para melhorar a aceitação do produto, a doçura deve ser reduzida e o sabor à fruta intensificado. A textura, embora geralmente adequada, pode se beneficiar de pequenos ajustes para atender melhor às preferências dos consumidores.

Essas percepções são essenciais para o desenvolvimento e otimização do produto, assegurando uma melhor satisfação do público-alvo.

Cielo (2018), destacou que os tratamentos T1(10% de whey protein) e T2 (12% de whey protein) apresentaram diferenças em relação ao T3 (tratamento controle) na característica sensorial de textura. T1 e T2 foram descritos como tendo textura grumosa e consistente devido à presença de whey protein, enquanto o T3, uma textura aerada, sendo mais líquido. Nos tratamentos T1 e T2, os atributos sensoriais de paladar geraram uma resposta negativa dos consumidores, já que a textura grumosa e consistente foi considerada desfavorável.

Figura 3 - Distribuição das notas aplicadas na Escala do Ideal – JAR - amostra P+20%



Fonte: Autoras, (2026).

Em relação ao gosto doce, Cielo (2018) mostrou que o tratamento T3 apresentou sabor doce e textura aerada. O sabor doce pode ter se destacado devido à ausência de whey protein, por ser o tratamento controle. No entanto, os resultados apresentados no presente estudo diferem onde, a doçura foi frequentemente considerada "mais atributo que o ideal", indicando que os consumidores percebem sua intensidade como excessiva, sugerindo a necessidade de ajustes para reduzir sua intensidade. O sabor à fruta, por outro lado, foi frequentemente avaliado como "menos atributo que o ideal", apontando para uma necessidade de intensificação deste atributo, conforme observado na Figura 3.

4. CONCLUSÃO

O estudo demonstrou a viabilidade na elaboração de sorvete utilizando casca de melão pele de sapo e whey protein, promovendo o reaproveitamento de subprodutos alimentares e oferecendo uma alternativa sustentável e funcional ao mercado. Os

resultados indicaram que, embora a adição de whey protein influencie a intenção de compra e a aparência do produto, a formulação com 10% de whey protein se destacou em termos de aceitação sensorial, enquanto a formulação com 20% apresentou limitações nos atributos de sabor e textura.

Através da escala do ideal pode-se constatar que a maior aceitação global pode estar relacionada a textura, atributo mais próximo do ideal, influenciando positivamente na aceitação global. Já o gosto doce, devido ao desvio +2, influenciou negativamente na aceitação global, indicando que um gosto muito doce pode não ser ideal. O sabor à fruta, mostrou uma influência negativa significativa quando moderadamente menos que o ideal. A fórmula padrão "P" e "P + 10%" foram as mais preferidas, com maior intenção de compra, enquanto ajustes equilibrados são essenciais.

Ajustes devem ser feitos na formulação para equilibrar os atributos sensoriais e atender às expectativas de diferentes perfis de consumidores, incluindo o público não esportista. Assim, o desenvolvimento de alimentos que combinam inovação e sustentabilidade, como este sorvete, tem potencial para atender às demandas do mercado.

REFERÊNCIAS

[1] ALVES, Ana Caroline. **Análise sensorial: uma revisão sobre os métodos sensoriais e a aplicação dos testes afetivos em alimentos práticos para consumo.** 2021. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, 2021.

[2] AMADEU, Lumara Tatiely Santos et al. Resíduos de frutas na elaboração de geleia de melão Pele de Sapo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 15, n. 2, p. 153-159, 2020.

[3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Análise sensorial dos alimentos e bebidas.** Rio de Janeiro, 1993.

[4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 11136**: Análise sensorial. Análise sensorial - Metodologia - Guia geral para condução de testes hedônicos com consumidores em ambientes controlados. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

[5] ATHAYDE, A**. INDÚSTRIAS: Agregam Conveniências aos Novos Produtos**. Engenharia de Alimentos. São Paulo, n. 24, p. 39-41, 1999.

[6] BERNO, Luciane Isabel; SPOTO, Marta Helena Fillet; CANNIATTI-BRAZACA, Solange Guidolin. Avaliação química e aceitabilidade de pão enriquecido com proteína concentrada do soro de leite bovino (whey protein). **Alimentos e Nutrição. Araraquara**, v. 18, n. 1, p. 41-49, 2007.

[7] CIELO, Daiane Palma. **Desenvolvimento de iogurte adicionado de geleia de pétalas de rosas: perspectiva sensorial e estudo de consumidores**. 2018.

[8] DE SOUZA, Nathália Rodrigues et al. Desenvolvimento e aceitabilidade sensorial de sorvete hiperproteico para esportistas. In: **ciência e tecnologia de alimentos: pesquisa e práticas contemporâneas**. Editora Científica Digital, 2021. p. 241-256.

[9] DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 5. ed. Curitiba: PUCPRESS, 2019. 540 p.

[10] ISO. General Guidance for the Design of Test Room. **Standard no. 8589: 2007**, 2007.

[11] JESUS, Maria Antônia Carvalho Lima et al. Processamento e análises físico química, microbiológica e sensorial de doce de leite pastoso sem adição de açúcar e formulado com soro de leite. **Research, Society and Development**, v. 13, n. 8, p. e8113846582-e8113846582, 2024.

[12] MACEDO, Luiza Isadora Silva Coca de. **Formulação do sorvete de mirtilo (Vaccinium myrtillus) à base de farelo de arroz (Oryza barthii)**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

[13] MEILGAARD, Morten C.; CARR, B. Thomas; CIVILLE, Gail Vance. **Sensory evaluation techniques**.

CRC press, 1999.

[14] RECK, Isabela Maria et al. Análise e desenvolvimento de sorvete a base de proteína. **revista geintec-gestao inovacao e tecnologias**, v. 6, n. 1, p. 2771-2779, 2016.

[15] RODRIGUES, Jaqueline et al. Avaliação sensorial e físico-química de sorvete com polpa de açaí e proteína do soro do leite. **Ambiência**, v. 14, n. 2, 2018.

[16] ROLIM, P. M. et al. Phenolic profile and antioxidant activity from peels and seeds of melon (Cucumis melo L. var. reticulatus) and their antiproliferative effect in cancer cells. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 51, p. e6069, 2018.

[17] SILVA, L. G.; PISSININ, D.; SILVEIRA, V. G. Elaboração e análise sensorial de sorvete de cerveja. **In Embrapa Cerrados-Artigo em anais de congresso**. In: do 31º Congresso nacional de laticínios. Juiz de Fora, EPAMIG, 2017.

[18] VILELA, Maria Eduarda et al. Avaliação sensorial e físico-química de doce de leite pastoso contendo diferentes concentrações de soro de leite. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 75, n. 1, p. 22-33, 2020.

Capítulo 7

Efeito de métodos de secagem nos compostos bioativos e características cromáticas de microverdes de rúcula e couve-manteiga

Mariane Lobo Ugalde
Gabrielle Portela Zanon
Larissa Pomina de Souza
Tassiane dos Santos Ferrão
Rafael Carneiro de Sousa
Bruna Tischer

Resumo: Este estudo avaliou o efeito de dois métodos de secagem sobre o teor de compostos fenólicos e os parâmetros de cor de microverdes de rúcula (*Eruca vesicaria*) e couve-manteiga (*Brassica oleracea L.* var. *acephala*). Foram comparados os tratamentos em estufa (65 °C por 1 hora) e micro-ondas (630 W por 5 minutos), definidos após testes cinéticos prévios. Os resultados em base úmida indicaram que o micro-ondas promoveu maior retenção e extratibilidade de fenólicos totais, especialmente na rúcula, com valores saltando de 15,93 para 57,27 mg GAE/100 g. Esse fenômeno é atribuído ao efeito de concentração gerado pela remoção de 90% da umidade das amostras, aliado à provável liberação de fenólicos ligados à matriz celular pelo aquecimento volumétrico. Quanto à estabilidade cromática instrumental (CIELAB), ambas as espécies sofreram redução da luminosidade (L*) e alterações nos eixos *a* e b*,* indicando degradação de clorofilas e formação de pigmentos escurecidos, com danos mais acentuados sob micro-ondas. A estufa, embora menos eficiente na preservação dos bioativos, manteve melhor a fidelidade visual original. Conclui-se que os efeitos da desidratação são espécie-dependentes e que o uso do micro-ondas é uma alternativa rápida e eficiente para a conservação de compostos bioativos, embora imponha um trade-off tecnológico em relação à aparência do produto. A escolha do método deve, portanto, equilibrar a preservação nutricional e a qualidade visual, visando o desenvolvimento de ingredientes desidratados de alto valor funcional.

Palavras-chave: bioativos, clorofila, fenólicos totais.

1. INTRODUÇÃO

O aumento da demanda por alimentos saudáveis e sustentáveis tem impulsionado a busca por produtos de alta densidade nutricional e baixo impacto ambiental. Nesse contexto, os microverdes emergem como uma inovação no setor de hortaliças, sendo plantas jovens colhidas poucos dias após a germinação, entre o aparecimento dos cotilédones e das primeiras folhas verdadeiras. Esses vegetais apresentam concentrações elevadas de compostos bioativos, vitaminas e minerais quando comparados às plantas adultas, tornando-se um alimento funcional promissor para dietas equilibradas e voltadas à prevenção de doenças crônicas não transmissíveis (Bhaswant, 2023).

Além de seu valor nutricional, os microverdes têm se destacado pela versatilidade de cultivo e pelo ciclo produtivo reduzido, que varia de 7 a 21 dias, dependendo da espécie e das condições ambientais. O cultivo pode ser realizado em pequenas áreas, utilizando substratos simples e baixo consumo hídrico, o que favorece sua adoção tanto em escala comercial quanto doméstica (Banu *et al*., 2025).

No Brasil, espécies como a rúcula (*Eruca vesicaria*) e a couve-manteiga (*Brassica oleracea L.* var. *acephala*) vêm ganhando espaço por apresentarem alto teor de clorofilas, carotenóides e compostos fenólicos, além de serem amplamente adaptadas às condições climáticas nacionais (Dutra, 2024).

Os microverdes são classificados como alimentos altamente perecíveis devido ao seu elevado teor de umidade e à alta taxa respiratória pós-colheita. Tais características favorecem rápida perda de massa, escurecimento e deterioração microbiológica, dificultando comercialização e armazenamento (Rebolledo, 2024). Em função da sua vida útil curta, faz-se necessário um processamento adicional para aproveitar plenamente os benefícios à saúde dos seus compostos bioativos.

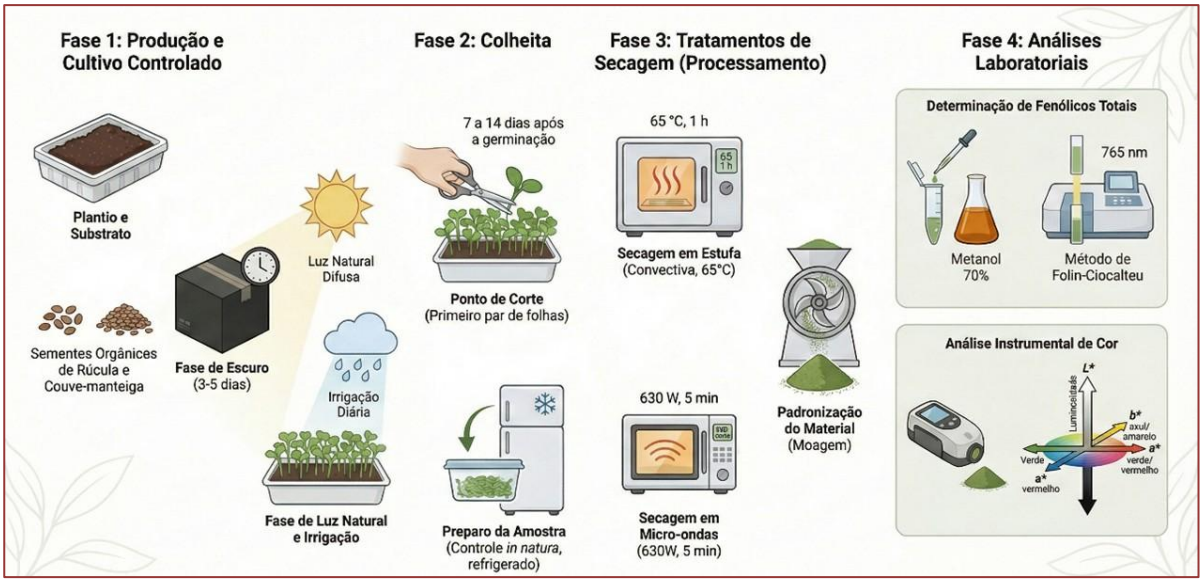
A desidratação é um método tradicional de conservação, reduzindo a atividade de água e limitando alterações enzimáticas e microbiológicas. No entanto, o método de secagem influencia diretamente a manutenção da qualidade: a secagem convectiva (estufa/ar quente) pode promover degradação térmica de pigmentos e bioativos, enquanto o micro-ondas surge como alternativa mais rápida e potencialmente mais eficiente, desde que tempo e potência sejam adequadamente controlados (Souza *et al*., 2002; Kodja *et al.*, 2020; Bhatt *et al*., 2023).

Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de métodos de secagem (estufa e micro-ondas) sobre compostos bioativos e características cromáticas de microverdes de rúcula e couve-manteiga, a fim de desenvolver novos produtos desidratados com qualidade nutricional e sensorial.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A sequência de procedimentos experimentais adotada neste estudo, contemplando produção, secagem e análises dos microverdes, encontra-se representada de forma simplificada no infográfico da Figura 1.

Figura 1. Metodologia experimental de produção, secagem e análises dos microverdes



2.1. PRODUÇÃO DOS MICROVERDES

Para a produção dos microverdes, foram utilizadas sementes orgânicas de rúcula *(Eruca vesicaria*) e couve-manteiga (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*), da marca Isla®, específicas para produção de microverdes. O cultivo foi realizado em bandejas de poliestireno (14 x 21 cm), perfuradas na base, com substrato composto por turfa de sphagno, fibra de coco, calcário dolomítico, gesso agrícola, fertilizantes NPK e micronutrientes, distribuído até aproximadamente 3 cm de espessura. A semeadura ocorreu de forma uniforme, seguida de irrigação diária por aspersão com borrifador manual. Nos primeiros 3–5 dias (dependendo da espécie), as bandejas permaneceram em ambiente escuro; após esse período, foram transferidas para local iluminado com luz natural difusa. A colheita ocorreu quando se observou o primeiro par de folhas verdadeiras (7–14 dias após a germinação). A produção ocorreu em triplicata.

2.2. SECAGEM

Após a colheita, amostras *in natura* foram mantidas em recipientes herméticos sob refrigeração. Em seguida, aplicaram-se dois tratamentos: (i) estufa com circulação forçada de ar a 65 °C; e (ii) micro-ondas doméstico nas potências de 450 W, 630 W e 900 W até 14±1% de umidade final. Após a secagem, o material vegetal foi triturado em moinho de facas e armazenado em recipientes herméticos à temperatura ambiente média de 20 °C. Testes prévios de secagem definiram os parâmetros comparativos adotados nas análises: estufa a 65 °C por 1 hora e micro-ondas em potência média (630 W) por 5 minutos.

2.3. ANÁLISE DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS E COR

Fenólicos totais foram determinados pelo método de Folin–Ciocalteu conforme Dia *et al*. (2015), com adaptações. Em frascos âmbar, 1 g de amostra moída (triplicata) foi dissolvido em 10 mL de metanol 70%, agitado em vortex e incubado por 24 horas

protegido da luz. Após centrifugação (10 min; 3.000 rpm; 5 °C), o sobrenadante foi coletado. Alíquotas de 400 µL do sobrenadante receberam 1.000 µL de Folin–Ciocalteu 1N e 6.000 µL de água destilada; após 2 min, adicionou-se 1.000 µL de carbonato de sódio 20%, incubando-se por 30 min (~20 °C), protegido da luz. Leituras foram realizadas a 765 nm e resultados expressos como mg de equivalentes de ácido gálico por 100 g de amostra em base úmida (mg GAE/100 g b.u.).

A cor instrumental foi medida em colorímetro portátil (Minolta®), calibrado com placa padrão branca, no sistema CIELAB. Amostras secas foram moídas homogeneamente e distribuídas em placa de Petri formando camada de aproximadamente 5 mm. O equipamento foi posicionado perpendicularmente à superfície, evitando luz externa. Foram realizadas 10 leituras por amostra, registrando-se médias de L*, a* e b*.

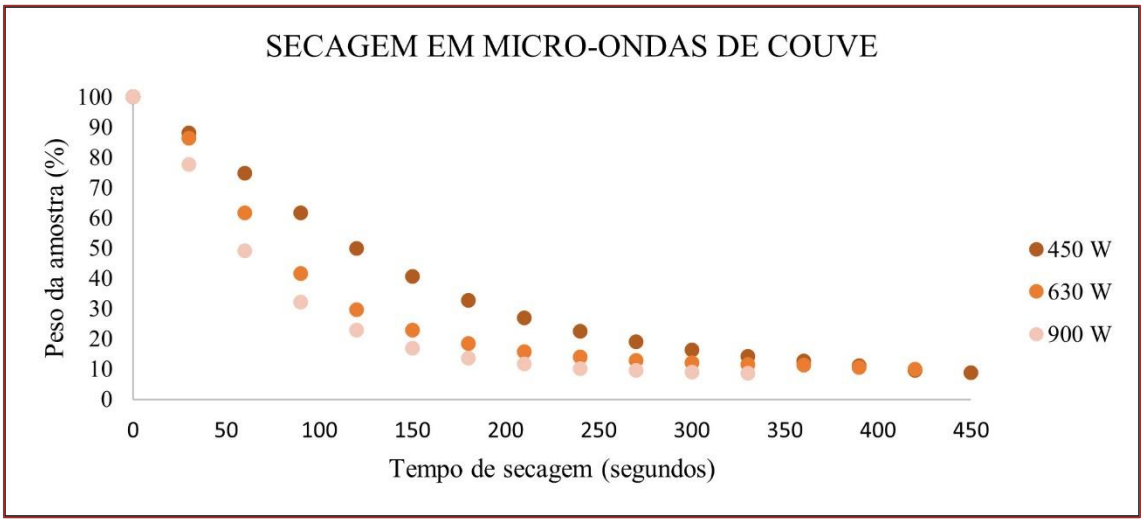
2.4. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com três repetições por tratamento. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando significativo pelo teste F ($p < 0,05$), aplicou-se o teste de Tukey a 5%. As análises foram realizadas no programa SISVAR v. 5.7 (Ferreira, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

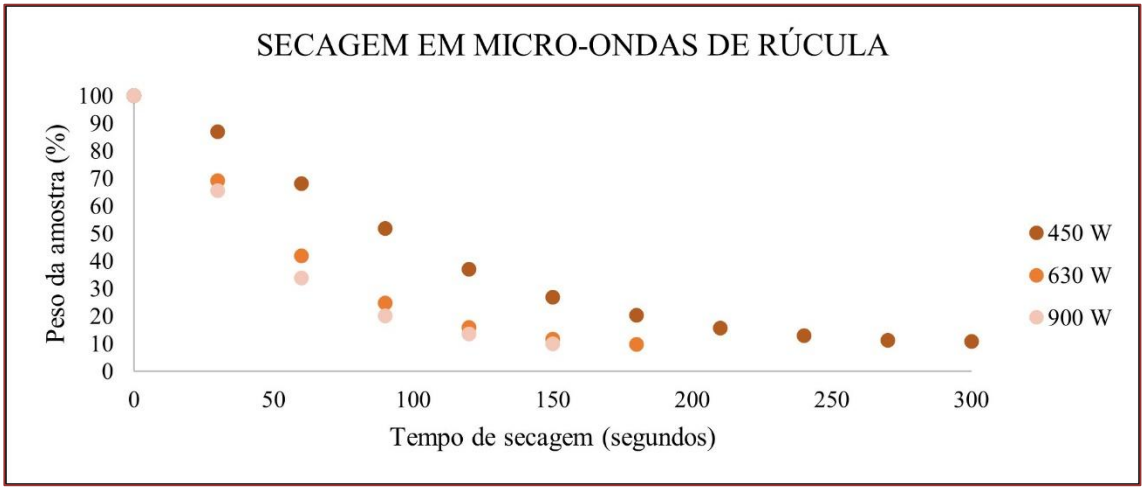
Na secagem da couve em micro-ondas, observou-se redução de peso de 90±1% aos 420 s em baixa potência (450 W), aos 360 s em potência média (630 W) e aos 240 s em alta potência (900 W), conforme Figura 2.

Figura 2. Curva de secagem em micro-ondas de microverdes de couve-manteiga (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) em diferentes potências



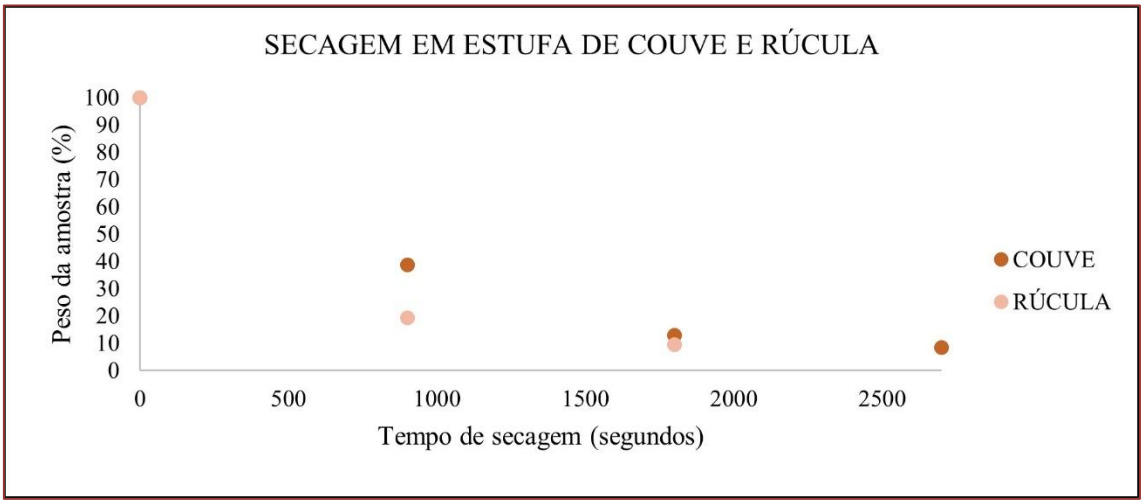
A Figura 3 demonstra a curva de secagem da rúcula, onde é possível observar que a redução de 90±1% do peso inicial ocorreu aos 300 s (450 W), 180 s (630 W) e 150 s (900 W), indicando maior velocidade de remoção de umidade em relação à couve.

Figura 3. Curva de secagem em micro-ondas de microverdes de rúcula (*Eruca vesicaria*) em diferentes potências



Na estufa (Figura 4), foram necessários 2700 s (couve) e 1800 s (rúcula) para atingir o mesmo percentual de redução. Com base nesses resultados, definiram-se os parâmetros para as análises: micro-ondas (potência média) por 300 s (5 min) e estufa a 65 °C por 60 minutos.

Figura 4. Curva de secagem em estufa (65 ºC) de microverdes de rúcula (*Eruca vesicaria*) e couve-manteiga (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*)



A secagem por micro-ondas apresentou vantagens em relação aos métodos convectivos, principalmente pela redução de tempo e elevação da taxa de secagem, associadas ao aquecimento volumétrico, que intensifica o fluxo de umidade do interior para o exterior do material (Zhang *et al*., 2006; Dadali *et al*., 2007). Essa eficiência temporal é corroborada por estudos em microverdes de lentilha e feijão-mungo, onde o micro-ondas acelerou o transporte interno de umidade devido ao aquecimento volumétrico e gradientes de pressão gerados no interior da matriz celular (Topuz, 2026).

3.1. COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS

Os resultados de fenólicos totais variaram significativamente entre métodos e espécies (Tabela 1). Na rúcula, a retenção dos fenólicos foi maior na secagem em micro-ondas (57,27 mg GAE/100 g) em comparação com in natura (15,93 mg GAE/100 g) e estufa (20,51 mg GAE/100 g). Na couve, houve incremento após secagem em estufa (29,11 mg GAE/100 g) e em micro-ondas (26,62 mg GAE/100 g) comparado a in natura (10,34 mg GAE/100 g). O aumento expressivo nos teores de fenólicos na rúcula e na couve após a secagem deve-se, primariamente, à remoção massiva de água. Como as amostras sofreram uma redução de peso de 90%, os sólidos remanescentes, e seus respectivos compostos bioativos, tornam-se mais concentrados na massa final.

Tabela 1. Quantitativo de fenólicos totais (mg GAE/100 g) de microverdes de rúcula (Eruca vesicaria) e couve-manteiga (Brassica oleracea L. var. acephala) em diferentes métodos de secagem (estufa e micro-ondas)

Espécie	Tratamento	Média (mg GAE/100 g, b.u. ± desvio padrão)*
Rúcula	In natura	15.927±313c
Rúcula	Estufa**	20.513±197b
Rúcula	Micro-ondas***	57.272±4.975a
Couve	In natura	10.341±471a
Couve	Estufa**	29.113±197b
Couve	Micro-ondas***	26.617±4.193b

Médias seguidas por letras diferentes, na mesma coluna, para a mesma espécie, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). ** 65 °C/1 hora. * potência média (630 W)/5 minutos.*

O aquecimento rápido e intenso do micro-ondas pode causar a ruptura física de polissacarídeos e complexos proteína-polifenol, liberando fenólicos que anteriormente não seriam detectados no estado fresco (Topuz, 2026). Resultados semelhantes foram encontrados em microverdes de brócolis e brássicas, onde métodos térmicos rápidos aumentaram a presença de metabólitos específicos em comparação às amostras frescas devido a transformações moleculares induzidas pelo calor (Tallei *et al*., 2024).

Enquanto o micro-ondas favorece a liberação desses compostos, a exposição prolongada ao calor em estufa pode resultar em menores concentrações devido à degradação oxidativa lenta e inativação enzimática incompleta (Balasubramanian *et al*., 2026).

O comportamento espécie-dependente pode relacionar-se a diferenças de composição de parede celular e perfil fenólico (Wang, J. *et al*., 2021), sugerindo que o processamento térmico e a desidratação rápida favorecem a liberação de fenólicos ligados à matriz. Microverdes com estruturas mais abertas ou cutículas menos espessas oferecem menor resistência à difusão de vapor (Topuz, 2026). Microverdes de seis diferentes famílias exibiram perfis de fitoconstituintes diversos, indicando que fatores específicos da espécie influenciam significativamente a biossíntese de metabólitos secundários (Chakraborty *et al*., 2025)

Xiao *et al*. (2019) observaram que calor moderado pode aumentar a extração de compostos; contudo, exposições mais longas podem induzir degradação. Khodja *et al*. (2020) relataram aumento de fenólicos em potência intermediária em secagem por micro-ondas, seguido de queda em potências elevadas. Já a estufa pode resultar em menor concentração em função do aquecimento prolongado (Magno *et al*., 2016). Segundo Bhatt *et al.* (2023), a rápida transferência de energia pode reduzir degradação oxidativa; Chen

et al. (2020) observaram preservação relevante de atividade antioxidante em microverdes de brócolis sob micro-ondas.

3.2. PARÂMETROS DE COR (CIELAB)

Os parâmetros de cor foram avaliados para identificar alterações associadas à degradação de pigmentos durante a secagem. Na couve, a luminosidade (L*) reduziu em relação a in natura e houve alterações em a* e b*, indicando degradação de clorofilas e mudanças na tonalidade (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros de cor de microverdes de couve-manteiga (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) em diferentes métodos de secagem (estufa e micro-ondas)

Espécie	Tratamento	L*	a*	b*
Couve	In natura	45,147±1,407a	0,751±0,570b	7,996±0,984b
Couve	Estufa**	38.061±0,502c	1,934±0,601a	4,526±0,381c
Couve	Micro-ondas***	42,657±0,754b	-1,41±0,627b	9,547±0,471a

**Médias seguidas por letras diferentes, na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).*
*** 65 °C/1 hora. *** potência média (630 W)/5 minutos.*

Em microverdes de rúcula, também houve alterações de L*, a* e b* após os tratamentos (Tabela 3), compatíveis com degradação de pigmentos. Esses resultados são consistentes com estudos em folhosas, nos quais a perda de clorofila e a formação de feofitinas explicam redução do verde e escurecimento (Martins *et al*., 2000; Mao *et al*., 2024). Esse processo ocorre quando o magnésio central da clorofila é substituído por hidrogênio devido ao estresse térmico e acidez da matriz, resultando em tons acastanhados típicos da reação de Maillard e oxidação de pigmentos (Damodaran *et al*., 2010; Silva *et al*., 2026).

Estudos com outras brássicas indicam que o micro-ondas pode preservar melhor o verde se a potência e o tempo forem otimizados, pois o aquecimento rápido inativa enzimas como a clorofilase e a polifenoloxidase, antes que ocorra a degradação massiva (Silva *et al*., 2026; Topuz, 2026). A potência de 630 W pode ter excedido o limiar de estabilidade térmica dos pigmentos da rúcula e da couve, favorecendo a oxidação em detrimento da fixação da cor.

Tabela 3. Parâmetros de cor de microverdes de rúcula (*Eruca vesicaria*) em diferentes métodos de secagem (estufa e micro-ondas)

Espécie	Tratamento	L*	a*	b*
Rúcula	In natura	44,44±1,40a	-8,59±2,96b	14,32±2,36a
Rúcula	Estufa**	41,01±1,64b	-7,06±0,32b	12,46±0,74b
Rúcula	Micro-ondas***	44,74±1,02a	-2,89±1,54a	12,06±0,68b

**Médias seguidas por letras diferentes, na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).*
*** 65 °C/1 hora. *** potência média (630 W)/5 minutos*

As espécies apresentam perfis de pigmentação distintos no estado fresco e reagem de formas diferentes ao calor. A rúcula in natura apresentou um valor de a* de -8,59 (indicando um verde mais intenso), enquanto a couve in natura apresentou um valor levemente positivo de 0,751, aproximando-se de tonalidades mais neutras ou levemente amareladas. Embora ambas tenham luminosidade inicial próxima (44-45), a couve sofreu

uma redução de luminosidade mais acentuada na estufa (38,06) do que a rúcula (41,01) nas mesmas condições.

Ao integrar os resultados, observa-se que os efeitos dependem da espécie e do atributo analisado: micro-ondas favoreceu a conservação/elevação de fenólicos, enquanto a estufa manteve melhor estabilidade cromática. Dessa forma, a escolha do método deve equilibrar preservação nutricional e aparência, conforme o objetivo de aplicação do ingrediente desidratado.

4. CONCLUSÕES

O estudo demonstrou que os métodos de desidratação impactam de forma distinta a estabilidade química e física dos microverdes, revelando uma resposta nitidamente espécie-dependente. A utilização do micro-ondas (630 W por 5 minutos) apresentou-se como a alternativa mais eficiente para a retenção e extraibilidade de compostos fenólicos totais, superando a secagem em estufa (65 °C por 1 hora), especialmente para a rúcula.

Embora os valores expressos em base úmida sugiram um incremento, conclui-se que esse fenômeno é resultado do efeito de concentração pela remoção de 90% da umidade aliado à provável liberação de compostos ligados à matriz celular pelo aquecimento volumétrico. No entanto, a preservação desses bioativos via micro-ondas impõe uma compensação entre atributos tecnológicos, uma vez que este método causou maior instabilidade cromática, com redução da luminosidade e degradação de pigmentos verdes, enquanto a estufa manteve melhor a fidelidade visual original das amostras.

Dessa forma, a escolha do protocolo de secagem deve ser orientada pela aplicação final do ingrediente: o micro-ondas é recomendado para produtos que priorizem o valor funcional e a rapidez de processamento, enquanto a estufa é preferível quando a estabilidade visual for o atributo crítico. Estabelecem-se, assim, parâmetros operacionais que subsidiam o desenvolvimento de novos ingredientes desidratados de alto valor agregado a partir de microverdes de rúcula e couve.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPERGS pela concessão da bolsa de Iniciação científica.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram que não há conflito de interesses relacionado a este estudo.

REFERÊNCIAS

[1] BALASUBRAMANIAN P. *et al*. Comparative assessment of drying techniques on the quality of millet (*Sorghum bicolor*) microgreens, **Food Chemistry**, V. 508, Part A, 2026, 148375. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2026.148375.

[2] BANU, A. P. *et al*. Microgreens as functional foods: Advances in cultivation, nutrient enrichment and postharvest management. **Plant Science Today**, v. 12, n. sp4, p. 1-11, 2025. https://doi.org/10.14719/pst.10697.

[3] BARREIROS, I. T. *et al*. Temperatura basal inferior e soma térmica da rúcula em sistemas de produção convencional e hidropônico. ***Revista Brasileira de Meteorologia***, v. 36, n. 1, p. 107-113, 2021. https://doi.org/10.1590/0102-77863610010.

[4] BHASWANT, M. *et al.* Microgreens — a comprehensive review of bioactive molecules and health benefits. ***Molecules***, v. 28, n. 2, p. 867, 2023. https://doi.org/10.3390/molecules28020867.

[5] BHATT, P. *et al.* Optimization of nutritional composition, bioactive compounds and antioxidant activity in broccoli (*Brassica oleracea*) microgreen sprinkler using alternate drying techniques. ***Asian Journal of Dairy and Food Research***, 2023. https://doi.org/10.18805/ajdfr.DR-1955.

[6] BLOEDORN, Y. R. Caracterização elementar e avaliação das propriedades bioativas em amostras de microgreens e vegetais crescidos por técnicas espectrométricas. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2022. Disponível em: https://guaiaca.ufpel.edu.br. Acesso em: 17 fev. 2026.

[7] CHAKRABORTY *et al*.: Quantitative analysis of phytoconstituents and in-vitro biological activities of nine edible microgreens from West Bengal. **Indian Journal of Natural Products and Resources**. Vol. 16(4), December 2025, pp. 605-619 https://doi.org/:10.56042/ijnpr.v16i4.18526

[8] DADALI, G.; KILIÇ APAR, D.; ÖZBEK, B. Microwave drying kinetics of okra. ***Drying Technology***, v. 25, n. 5, p. 917–924, 2007. https://doi.org/10.1080/07373930701372254.

[9] DAMODARAN, S. *et al*. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

[10] DEREJE, B. *et al. Brassicaceae* microgreens: phytochemical compositions, influences of growing practices, postharvest technology, health, and food applications. ***ACS Food Science & Technology***, v. 3, p. 981–998, 2023. https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.3c00040.

[11] DIA, V. P. *et al*. Processing method and corn cultivar affected anthocyanin concentration from dried distillers grains with solubles. ***Journal of Agricultural and Food Chemistry***, v. 63, p. 3205–3218, 2015. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b00128.

[12] DUTRA, D. B. Mesa doméstica para cultivo de microverdes. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Biotecnologia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2024.

[13] EMATER-MG. Microverdes. Belo Horizonte: **EMATER-MG**, abr. 2025. Disponível em: https://www.emater.mg.gov.br/download.do?id=89477. Acesso em: 17 fev. 2026.

[14] FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. ***Ciência e Agrotecnologia***, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001.

[15] GAN, R.-Y. *et al.* Hot air drying induces browning and enhances phenolic content in mung bean (*Vigna radiata* L.) sprouts. ***Journal of Food Processing and Preservation***, v. 41, n. 1, e12846, 2017. https://doi.org/10.1111/jfpp.12846.

[16] HUANG, Y. *et al.* Influence of different drying methods on the browning, phytochemical components and antioxidant capacity of *Choerospondias axillaris* fruits. ***LWT – Food Science and Technology***, v. 205, p. 116511, 2024. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116511.

[17] KHODJA, Y. K. *et al.* Conventional method and microwave drying kinetics of *Laurus nobilis* leaves: effects on phenolic compounds and antioxidant activity. ***Brazilian Journal of Food Technology***, v. 23, e2019214, 2020. https://doi.org/10.1590/1981-6723.21419.

[18] MAO, Y.-L. *et al*. Effect of different drying temperature settings on the color characteristics of Tencha. ***Food Chemistry****:* v. 24, p. 101963, 2024. https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101963.

[19] NIVEDHA, V.; LAKSHMY PRIYA, S. Comparative study of microgreens with mature greens incorporated ready-to-eat chutney powders. ***International Journal of Food Science and Nutrition,*** v. 3, n. 6, p. 171-175, 2018.

[20] REBOLLEDO, P. *et al.* Assessment of vegetable species for microgreen production in unheated greenhouses: yield, nutritional composition, and sensory perception. ***Plants***, v. 13, n. 19, p. 2787, 2024. https://doi.org/10.3390/plants13192787.

[21] SILVA *et al*. 2026. A comparative study of cast-tape, freeze, and oven drying on the physicochemical and bioactive properties of red cabbage microgreen (*Brassica oleracea* var. *capitata f. rubra*) foam powders. **Journal of Food Science**, 2026; 91:e70959. https://doi.org/10.1111/1750-3841.70959.

[22] SOUZA, G. B. de; NOGUEIRA, A. R. de A.; RASSINI, J. B. Determinação de matéria seca e umidade em solos e plantas com forno de micro-ondas doméstico. São Carlos: **Embrapa Pecuária Sudeste**, 2002. Disponível em: https://www.embrapa.br/pecuaria-sudeste. Acesso em: 17 fev. 2026.

[23] TOPUZ, F.C. Investigation of quality characteristics and mathematical modeling of green lentil (*Lens culinaris medik*) and mung bean (*Vigna radiata*) microgreens dried in different dryers. **Food Measure** 20, 2412–2424 (2026). https://doi.org/10.1007/s11694-026-04055-w

[24] ZHANG, M.; TANG, J.; MUJUMDAR, A. S.; WANG, S. Trends in microwave-related drying of fruits and vegetables. ***Trends in Food Science & Technology,*** v. 17, n. 10, p. 524–534, 2006. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.04.011.

Capítulo 8

Uso do mel em processos fermentativos com matérias-primas nativas: avanços e perspectivas tecnológicas

Kamila Layse Bezerra de Araújo
Saint Clair Lira Santos
Pahlevi Augusto de Souza
Luan Icaro Freitas Pinto
Patricio Borges Maracajá
Denner Alipio da Silva Lima

Resumo: O mel é um produto natural amplamente reconhecido por suas propriedades nutricionais, funcionais e antimicrobianas, sendo tradicionalmente consumido in natura ou utilizado como adoçante natural em diferentes matrizes alimentares. Sua composição química complexa, predominantemente constituída por carboidratos fermentescíveis, como frutose e glicose, além de ácidos orgânicos, enzimas, minerais e compostos bioativos, confere ao mel características sensoriais e funcionais singulares. Apesar de seu amplo uso alimentar, o potencial do mel como substrato fermentativo ainda é pouco explorado sob a perspectiva da tecnologia de alimentos, especialmente quando associado à fermentação de matérias-primas nativas. O interesse crescente por alimentos fermentados tem sido impulsionado pela busca por produtos funcionais, naturais e obtidos por processos sustentáveis, bem como pela valorização da biodiversidade regional. A incorporação do mel nesses sistemas fermentativos surge como uma alternativa relevante, uma vez que pode atuar simultaneamente como fonte de açúcares fermentescíveis, modulador do crescimento microbiano e ingrediente funcional, influenciando o metabolismo dos microrganismos envolvidos na fermentação. Diante desse cenário, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica crítica acerca do uso do mel em processos fermentativos envolvendo matérias-primas nativas, com ênfase nos avanços científicos, nos desafios tecnológicos e nas perspectivas de aplicação industrial. A metodologia consistiu em uma revisão narrativa da literatura, com levantamento de estudos publicados nos últimos anos em bases de dados nacionais e internacionais, incluindo SciELO, Google Scholar, Scopus e Web of Science, contemplando artigos experimentais, revisões e estudos aplicados. Os trabalhos analisados indicam que o mel apresenta elevado potencial como substrato fermentativo, favorecendo o crescimento e a atividade metabólica de leveduras e bactérias ácido-láticas. Além disso, sua utilização pode contribuir para melhorias no perfil sensorial, na estabilidade microbiológica e na composição bioativa dos produtos fermentados, resultando em alimentos com características funcionais diferenciadas. Entretanto, observa-se considerável variabilidade nos resultados, atribuída principalmente à diversidade botânica do mel, às características das matérias-primas nativas e à ausência de padronização dos parâmetros fermentativos.Adicionalmente, ainda são limitadas as discussões relacionadas ao controle microbiológico, à reprodutibilidade dos processos, à escalabilidade industrial e aos aspectos regulatórios desses produtos. Conclui-se que o uso do mel em processos fermentativos com matérias-primas nativas apresenta elevado potencial tecnológico e inovador, porém requer maior aprofundamento científico, especialmente no que se refere à padronização dos processos fermentativos e à avaliação da viabilidade industrial.

Palavras-chave: Mel, Fermentação, Matérias-primas nativas, Tecnologia de alimentos, Produtos fermentados.

1. INTRODUÇÃO

O mel destaca-se como um alimento natural de composição complexa, constituído majoritariamente por açúcares fermentescíveis, como glicose e frutose, além de ácidos orgânicos, enzimas, vitaminas, minerais e uma ampla variedade de compostos fenólicos. Essa composição confere ao mel propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e antimicrobianas, tornando-o não apenas um alimento de consumo direto, mas também um ingrediente funcional e tecnológico com potencial aplicação em diferentes matrizes alimentares e processos biotecnológicos (Brudzynski; Sjaarda, 2021; Granato *et al*., 2020). Estudos recentes indicam que a estrutura coloidal do mel desempenha papel fundamental na sua atividade antibacteriana, influenciando a biodisponibilidade e a ação de compostos bioativos presentes na matriz (Brudzynski; Sjaarda, 2021).

Além de suas propriedades tecnológicas, o mel tem sido amplamente investigado quanto aos seus efeitos biológicos, com destaque para sua ação neuroprotetora e seu potencial na prevenção e no manejo de doenças neurodegenerativas. Evidências experimentais e revisões recentes sugerem que compostos fenólicos, flavonoides e outros constituintes bioativos do mel podem modular vias oxidativas, inflamatórias e apoptóticas, contribuindo para a proteção neuronal e para a manutenção da função cognitiva (Fadzil; Mustar; Rashed, 2023; Navarro-Hortal *et al*., 2025).

Do ponto de vista composicional, a fração inorgânica do mel também tem despertado interesse, uma vez que sua composição mineral pode refletir a origem botânica e geológica do produto. Estudos recentes demonstram que elementos inorgânicos presentes no mel podem atuar como marcadores de autenticidade e rastreabilidade, além de influenciar propriedades físico-químicas e biológicas do alimento. Essa variabilidade composicional, embora represente um desafio para a padronização, também contribui para a diversidade funcional do mel e para sua aplicação em diferentes contextos tecnológicos (IInaudi *et al*., 2025).

Entretanto, apesar dessas vantagens, a aplicação do mel em processos fermentativos pode apresentar desafios tecnológicos relevantes. Sua atividade antimicrobiana, fortemente associada à estrutura coloidal, à presença de peróxido de hidrogênio e a compostos fenólicos, pode interferir no crescimento e na atividade metabólica de microrganismos fermentadores, exigindo o ajuste criterioso das condições de processo, como diluição, seleção de cepas e controle de parâmetros físico-químicos (Brudzynski; Sjaarda, 2021; Terefe; Augustin, 2020). Dessa forma, a compreensão integrada da composição, das propriedades biológicas e do comportamento tecnológico do mel é essencial para sua aplicação segura e eficiente em sistemas fermentativos inovadores.

2. METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão bibliográfica de natureza narrativa e crítica, com o objetivo de analisar e discutir a produção científica relacionada ao uso do mel em processos fermentativos associados a matérias-primas nativas, sob a perspectiva da ciência e tecnologia de alimentos. A adoção desse tipo de revisão justifica-se pela necessidade de integrar estudos que apresentam diferentes abordagens metodológicas, matrizes alimentares e objetivos experimentais, possibilitando uma análise ampla, contextualizada e interpretativa do estado da arte sobre a temática investigada.

O levantamento bibliográfico foi conduzido por meio de buscas sistematizadas em

bases de dados nacionais e internacionais reconhecidas pela relevância e abrangência na área de ciência e tecnologia de alimentos, incluindo SciELO, Google Scholar, Scopus e Web of Science. Para a recuperação dos estudos, foram utilizadas combinações de palavras-chave em português e inglês, tais como: *mel*, *honey*, *fermentação*, *fermentation*, *alimentos fermentados*, *fermented foods*, *matérias-primas nativas*, *native raw materials* e *food technology*. As estratégias de busca foram adaptadas às especificidades de cada base de dados, com o intuito de ampliar a identificação de publicações pertinentes ao tema.

Foram adotados como critérios de inclusão: (i) artigos científicos originais e de revisão, bem como dissertações e teses; (ii) estudos publicados preferencialmente nos últimos 5 anos; (iii) pesquisas que abordassem o uso do mel em processos fermentativos aplicados à produção de alimentos e bebidas; e (iv) estudos que envolvessem matérias-primas vegetais, especialmente aquelas de origem nativa ou regional. Como critérios de exclusão aqueles que não apresentassem relação direta com processos fermentativos ou com a tecnologia de alimentos.

Após a etapa de busca, os estudos recuperados foram submetidos a uma triagem inicial baseada na leitura dos títulos e resumos, seguida da leitura integral dos textos selecionados. As informações relevantes foram organizadas de forma temática, contemplando aspectos como propriedades do mel relacionadas à fermentação, microrganismos empregados, matrizes alimentares utilizadas, condições de processo, desafios tecnológicos e potenciais aplicações industriais. A análise dos dados foi realizada de maneira qualitativa e comparativa, visando identificar convergências, divergências, lacunas do conhecimento e tendências de pesquisa.

Por fim, os resultados obtidos a partir da análise crítica da literatura foram discutidos com ênfase na aplicabilidade tecnológica, na sustentabilidade dos processos e no potencial de inovação dos produtos fermentados à base de mel e matérias-primas nativas. Essa abordagem permitiu uma compreensão integrada do tema, bem como a identificação de perspectivas futuras para pesquisas e para o desenvolvimento de novos produtos alimentícios.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A literatura analisada indica que o mel tem sido empregado em processos fermentativos principalmente para a produção de bebidas alcoólicas, como hidromel e melomel, em razão de sua elevada concentração de açúcares fermentescíveis e de sua aceitação sensorial. Essa tendência acompanha o crescimento do interesse por alimentos e bebidas naturais e funcionais, nos quais a fermentação atua como ferramenta tecnológica capaz de agregar valor sensorial e funcional aos produtos (granato et al., 2020). Revisões recentes reforçam que a fermentação permite ajustar propriedades tecnológicas e relacionadas à saúde por meio de transformações bioquímicas mediadas por microrganismos (Terefe; Augustin, 2020).

Do ponto de vista tecnológico, o mel apresenta um comportamento particular em sistemas fermentativos, atuando simultaneamente como substrato energético e como agente antimicrobiano. Trabalhos clássicos já demonstravam que o caráter higroscópico do mel favorece a fermentação espontânea quando há aumento da atividade de água, especialmente em condições inadequadas de armazenamento (Martin, 1958). Posteriormente, problemas fermentativos em méis da costa norte da

Espanha foram associados à presença de leveduras osmofílicas e à falta de controle de umidade e microbiota (Sanz *et al.,* 1995). Esses estudos evidenciam que a fermentação do mel pode ser indesejada quando não controlada, mas tecnologicamente explorável quando direcionada.

Avanços mais recentes mostram que a fermentação do mel pode ser conduzida de forma reprodutível quando há controle das variáveis de processo. Estudos de otimização e modelagem cinética demonstram que parâmetros como diluição, temperatura, suplementação nutricional e seleção de cepas influenciam diretamente a taxa de fermentação, o consumo de açúcares e a formação de etanol, tanto em escala laboratorial quanto piloto (Cuenca *et al*., 2022).

A aplicação de substratos açucarados naturais em fermentações tradicionais também reforça o potencial cultural e tecnológico do mel. Na produção do destilado "comiteco", a fermentação de mel de *agave americana* por *kluyveromyces marxianus* mostrou elevada eficiência na conversão dos açúcares, evidenciando o uso de cepas não convencionais na valorização de matérias-primas regionais.

Embora envolva outra matriz, esse estudo contribui conceitualmente para a discussão ao destacar a importância da adaptação microbiana ao substrato (lara-hidalgo *et al*., 2017).

No eixo sensorial, evidências recentes indicam que a variedade do mel e a técnica fermentativa exercem influência significativa sobre o perfil aromático dos produtos finais. Estudos com hidromel demonstraram que diferentes variedades de mel e processos produtivos resultam em variações marcantes na intensidade de notas florais, frutadas e meladas, bem como na composição de compostos odoríferos ativos (Cicha-wojciechowicz *et al*., 2024).

A escolha do microrganismo fermentador também se mostra determinante na construção do aroma. A formação de aromas específicos, como notas florais do tipo "rosa-mel", foi demonstrada em fermentações de infusões vegetais conduzidas por microrganismos específicos, evidenciando o papel da biotransformação microbiana na modulação sensorial (xie et al., 2025). De forma complementar, a fermentação de mel de abelhas japonesas por leveduras levou à formação de compostos aromáticos ausentes no mel in natura, reforçando o papel da fermentação como ferramenta de revelação aromática (Iguchi; Watanabe, 2024).

A variabilidade composicional do mel constitui outro fator central para explicar diferenças entre estudos. Trabalhos recentes demonstram que a origem floral e o processamento influenciam significativamente o perfil fenólico, a capacidade antioxidante e a atividade antibacteriana do mel (Young *et al*., 2023). Essa variabilidade impacta diretamente o desempenho fermentativo e o perfil sensorial dos produtos, representando simultaneamente um desafio para a padronização e uma oportunidade para diferenciação por origem e identidade regional.

Do ponto de vista mecanístico, a estrutura coloidal do mel tem sido apontada como fator relevante para sua atividade antimicrobiana. Essa estrutura influencia a organização e a biodisponibilidade de compostos bioativos, podendo retardar ou inibir fermentações conduzidas por microrganismos mais sensíveis, o que exige estratégias tecnológicas como diluição, inoculação adequada e suplementação nutricional (Brudzynski; Sjaarda, 2021). Dessa forma, o mel deve ser tratado como um ingrediente complexo que demanda ajustes específicos de processo.

Embora o foco do presente trabalho seja tecnológico, estudos recentes sobre efeitos biológicos do mel contribuem para justificar seu interesse como ingrediente funcional. Revisões indicam potencial neuroprotetor associado aos compostos antioxidantes e anti-inflamatórios do mel, ampliando seu apelo para o desenvolvimento de alimentos funcionais (Fadzil; Mustar; Rashed, 2023; Navarro-hortal *et al.*, 2025). Aspectos relacionados à autenticidade e padronização também vêm ganhando destaque. A composição inorgânica do mel tem sido proposta como marcador de origem botânica e geológica, contribuindo para rastreabilidade e controle de qualidade, especialmente em aplicações industriais (Inaudi *et al.*, 2025).

No contexto de inovação sustentável, a integração entre fermentação e tecnologias verdes tem sido apontada como estratégia promissora. Técnicas de extração verde aplicadas a subprodutos vegetais permitem a obtenção de compostos bioativos com menor impacto ambiental e podem ser combinadas à fermentação para enriquecer produtos à base de mel de forma mais padronizada (šafranko et al., 2021). Além disso, estudos sobre fermentação de vegetais e leguminosas indicam melhorias na qualidade nutricional e funcional dessas matrizes, sustentando a associação entre mel e ingredientes vegetais bioativos (Knez; Kadac-czapska; Grembecka, 2025).

Apesar do potencial identificado, a literatura evidencia lacunas importantes, como elevada variabilidade metodológica, predominância de estudos em escala laboratorial e escassez de dados sobre estabilidade, vida de prateleira e escalabilidade industrial. A aplicação de ferramentas de otimização e modelagem cinética representa um avanço importante, mas ainda pouco explorado em sistemas que combinam mel e matérias-primas nativas (Cuenca *et al*., 2022).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta revisão evidenciou que o mel apresenta elevado potencial como ingrediente em processos fermentativos associados a matérias-primas nativas, reunindo características tecnológicas e sensoriais favoráveis ao desenvolvimento de produtos inovadores na área de ciência e tecnologia de alimentos. Sua composição rica em açúcares fermentescíveis e compostos bioativos permite a obtenção de fermentados com identidade sensorial diferenciada e possível apelo funcional, especialmente quando combinado a frutas e ingredientes vegetais regionais.

Os estudos analisados indicam que o desempenho fermentativo e a qualidade final dos produtos à base de mel dependem fortemente da origem do mel, da escolha dos microrganismos e do controle das condições de processo. Embora a fermentação se mostre uma ferramenta eficiente para agregar valor e complexidade aos produtos, a variabilidade composicional do mel e sua atividade antimicrobiana representam desafios tecnológicos que exigem maior padronização e controle.

Conclui-se que a utilização do mel em processos fermentativos com matérias-primas nativas constitui uma estratégia promissora para a valorização da biodiversidade e a inovação na indústria de alimentos. Entretanto, avanços adicionais são necessários, sobretudo em estudos de padronização, escalabilidade e estabilidade dos produtos, a fim de viabilizar sua aplicação em escala industrial.

REFERÊNCIAS

[1] BRUDZYNSKI, Krzysztof; SJAARDA, C. P. Colloidal structure of honey and its influence on antibacterial activity. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 20, n. 2, p. 2063–2080, 2021. DOI: https://doi.org/10.1111/1541-4337.12720.

[2] CICHA-WOJCIECHOWICZ, Daria; DRABIŃSKA, Natalia; MAJCHER, Małgorzata Anna. Influence of honey varieties, fermentation techniques, and production process on sensory properties and odor-active compounds in meads. **Molecules**, v. 29, n. 24, p. 5913, 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/molecules29245913.

[3] CUENCA, Marta; et al. Optimization and kinetic modeling of honey fermentation for laboratory and pilot-scale mead production. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, v. 80, n. 3, p. 248–257, 2022.

[4] FADZIL, Mohd A. M.; MUSTAR, S.; RASHED, A. A. The potential use of honey as a neuroprotective agent for the management of neurodegenerative diseases. **Nutrients**, v. 15, n. 7, p. 1558, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/nu15071558.

[5] GRANATO, Daniel; BARBA, Francisco J.; KOVAČEVIĆ, Danijela Bursać; LORENZO, José M.; CRUZ, Adriano G.; PUTNIK, Predrag. Functional foods: product development, technological trends, efficacy testing, and safety. **Annual Review of Food Science and Technology**, v. 11, p. 93–118, 2020. DOI: https://doi.org/10.1146/annurev-food-032519-051708.

[6] IGUCHI, Hiroyuki; WATANABE, Akihisa. Honey flavors formed via yeast fermentation in honey from Japanese honeybees. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, 2024. DOI: https://doi.org/10.1093/bbb/zbaf057.

[7] INAUDI, Paola; GARZINO, Marina; ABOLLINO, Oriana; MALANDRINO, Marco; GIACOMINO, Agnese. Honey: inorganic composition as possible marker for botanical and geological assignment. **Molecules**, v. 30, n. 7, p. 1466, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/molecules30071466.

[8] KNEZ, Eliza; KADAC-CZAPSKA, Kornelia; GREMBECKA, Małgorzata. Effect of fermentation on the nutritional quality of the selected vegetables and legumes and their health effects. **Foods**, v. 14, n. 21, p. 3775, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/foods14213775.

[9] LARA-HIDALGO, C.; et al. *Agave americana* honey fermentation by *Kluyveromyces marxianus* strain for "comiteco" production, a spirit from Mexican southeast. **Revista Mexicana de Ingeniería Química**, v. 16, n. 3, p. 771–779, 2017.

[10] MARCO, Marco L.; HEENEY, David; BINNS, Nicholas; et al. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on fermented foods. **Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology**, v. 18, n. 3, p. 196–208, 2021. DOI: https://doi.org/10.1038/s41575-020-00390-5.

[11] MARTIN, E. C. Some aspects of hygroscopic properties and fermentation of honey. **Bee World**, v. 39, n. 7, p. 165–178, 1958.

[12] NAVARRO-HORTAL, María D.; ROMERO-MÁRQUEZ, José M.; ANSARY, J.; HINOJOSA-NOGUEIRA, D.; MONTALBÁN-HERNÁNDEZ, C.; VARELA-LÓPEZ, A.;

[13] QUILES, José L. Honey as a neuroprotective agent: molecular perspectives on its role in Alzheimer's disease. **Nutrients**, v. 17, n. 16, p. 2577, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/nu17162577.

[14] SANZ, Susana; et al. Fermentation problem in Spanish north-coast honey. **Journal of Food Protection**, v. 58, n. 5, p. 515–522, 1995.

[15] ŠAFRANKO, Silvija; ĆORKOVIĆ, Ina; JERKOVIĆ, Igor; JAKOVLJEVIĆ, Martina; ALADIĆ, Krunoslav; ŠUBARIĆ, Dragoj; JOKIĆ, Estela. Green extraction techniques for obtaining bioactive compounds from tangerine peel (*Citrus unshiu* var. *Kuno*): phytochemical analysis and process optimization. **Foods**, v. 10, n. 5, p. 1043, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/foods10051043.

[16] TEREFE, Netsanet Shiferaw; AUGUSTIN, Marie A. Fermentation for tailoring the technological and health-related functionality of food products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 60, n. 17, p. 2887–2913, 2020. DOI: https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1666250.

[17] XIE, Yanxia; et al. Investigation of rose-honey aroma formation during tea infusion

fermentation by *Pantoea camelliae*Z09 through GC-MS and GC-IMS. **Food Chemistry: X**, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fochx.2025.102766.

[18] YOUNG, J. F.; et al. Phenolic profile, antioxidant capacity and antibacterial activity of selected honeys: influence of floral source and processing. **Food Research International**, v. 169, p. 112991, 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112991.

Capítulo 9

Indicações geográficas e valorização da identidade regional dos queijos artesanais brasileiros: revisão narrativa

Pâmara Virna Carlos de Oliveira
Uliana Karina Lopes de Medeiros

Resumo: As indicações geográficas (IGs) configuram-se como instrumentos legais e mercadológicos estratégicos para a proteção e valorização de produtos vinculados a territórios específicos. No contexto brasileiro, os queijos artesanais representam um patrimônio cultural e gastronômico de relevância singular, cuja identidade regional pode ser fortalecida por meio desse reconhecimento formal. Este artigo tem como objetivo analisar o papel das IGs na valorização da identidade regional dos queijos artesanais no Brasil, identificando seus benefícios, limitações e os desafios enfrentados pelos produtores. Para tanto, realizou-se uma revisão narrativa da literatura, com busca em bases de dados acadêmicas, repositórios oficiais e publicações técnicas, abrangendo o período de 2000 a 2025. Os resultados evidenciam que as IGs conferem proteção ao nome geográfico, agregam valor econômico e facilitam o acesso a mercados diferenciados, contribuindo para o desenvolvimento territorial. Contudo, a efetividade do instrumento é limitada por obstáculos como a fragilidade da governança coletiva, os elevados custos de registro e, sobretudo, a tensão entre as rígidas normas sanitárias de inspiração industrial e as práticas produtivas tradicionais, conflito exemplificado por queijos emblemáticos do nordeste, como o coalho e o manteiga, que permanecem à margem do sistema. Conclui-se que a plena realização do potencial das IGs para a valorização identitária depende da superação desses entraves, por meio de políticas públicas que contemplem a especificidade do segmento artesanal, normativas sanitárias diferenciadas e apoio ao fortalecimento institucional das comunidades produtoras.

Palavras-chave: Patrimônio Cultural e Alimentar, Desenvolvimento Territoria,; Políticas Públicas.

1. INTRODUÇÃO

A valorização da identidade regional por meio de produtos alimentícios tradicionais tem ganhado crescente reconhecimento no cenário agroalimentar brasileiro, especialmente no que se refere aos queijos artesanais. Esses produtos, elaborados com métodos herdados de gerações, carregam consigo não apenas características sensoriais únicas, mas também um patrimônio cultural e territorial que merece proteção e promoção. Nesse contexto, as Indicações Geográficas (IGs) surgem como instrumentos jurídicos e mercadológicos capazes de conferir reconhecimento formal a esses produtos, vinculando suas qualidades e reputação a uma origem geográfica específica. (Kamimura *et al.*, 2019).

No Brasil, as IGs são reguladas pela Lei nº 9.279/1996 e implementadas pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), dividindo-se em duas modalidades: Indicação de Procedência (IP) e Denominação de Origem (DO). Enquanto a IP reconhece a notoriedade de um local como centro de produção, a DO exige a comprovação de que as características do produto decorrem essencialmente de fatores naturais e humanos do território (Bruch, 2023). Apesar do arcabouço legal existente, a efetiva implementação das IGs para queijos artesanais enfrenta desafios significativos, sobretudo no que tange à harmonização entre as normas sanitárias, quando pensadas para a produção industrial e as práticas tradicionais de fabricação (Cruz; Hespanhol, 2018).

A produção queijeira artesanal brasileira é marcada por uma rica diversidade regional, com exemplos consagrados como o Queijo Minas do Serro, o Queijo da Canastra, o Queijo Colônia Witmarsum, o Queijo Campos de Cima da Serra, o Queijo do Cerrado e o Queijo do Marajó, todos já reconhecidos com IG. Esses registros não apenas protegem a denominação, mas também agregam valor, abrem mercados e fortalecem a identidade territorial (Brasil, 2022; INPI, 2023). No entanto, como apontam Cruz e Hespanhol (2018), persistem obstáculos relacionados à governança coletiva, aos custos de certificação e à tensão entre as exigências sanitárias e a preservação dos saberes tradicionais.

Este artigo tem como objetivo analisar o papel das Indicações Geográficas na valorização da identidade regional dos queijos artesanais no Brasil, discutindo seus benefícios, limitações e os desafios enfrentados pelos produtores. Para tanto, realizou-se uma revisão narrativa que contempla o marco legal, os casos de registro concedidos e as perspectivas de políticas públicas e apoio institucional, com destaque para o papel de entidades como o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) e as associações de produtores. Espera-se, com isso, contribuir para o debate sobre a sustentabilidade e a proteção do patrimônio queijeiro artesanal brasileiro.

2. METODOLOGIA

Este estudo adota a abordagem de revisão narrativa da literatura, com o propósito de mapear, sintetizar e analisar criticamente o conhecimento produzido sobre a valorização da identidade regional por meio das Indicações Geográficas (IGs) de queijos artesanais no Brasil. O método de revisão narrativa foi selecionado por sua adequação a temas multifacetados, permitindo integrar diferentes perspectivas, tais como: jurídicas, econômicas, socioculturais e territoriais, a partir de um corpus documental diversificado, conforme recomendado por Greenhalgh e Dijkstra (2024).

A busca pelos materiais foi realizada entre setembro e dezembro de 2025, sem delimitação rígida de período, mas com foco prioritário em publicações dos últimos 25

anos (2000 - 2025), visando captar a evolução contemporânea do tema. Foram consultadas bases de dados acadêmicas (Periódicos CAPES, Scopus, Web of Science, SciELO), repositórios oficiais (INPI, MAPA, gov.br), publicações técnicas (SEBRAE, EMBRAPA) e literatura cinzenta (teses, relatórios, catálogos institucionais). As equações de busca incluíram termos como "indicação geográfica + queijo + Brasil", "Indicação de Procedência + queijo", "Denominação de Origem + queijo", além dos nomes específicos dos queijos com IG registrada.

Os critérios de inclusão abrangeram artigos científicos, documentos oficiais, relatórios técnicos e estudos de caso publicados entre 2000 e 2025, que abordassem o marco legal das IGs, sua aplicação a queijos artesanais, benefícios, desafios ou impactos territoriais. Foram excluídos trabalhos sobre IGs de produtos não alimentícios, queijos exclusivamente industriais e publicações sem relação direta com a realidade brasileira ou com o segmento artesanal.

A análise seguiu três etapas principais: triagem e organização inicial dos materiais; análise de conteúdo com extração e categorização das informações em eixos temáticos predefinidos (marco legal, casos de registro, desafios sanitários, governança coletiva); e síntese narrativa, na qual as evidências foram integradas em uma discussão coerente e crítica, alinhada aos objetivos da pesquisa. Este procedimento permitiu construir um panorama atualizado e contextualizado sobre o tema, fundamentando as discussões apresentadas nas seções seguintes deste artigo.

3. REVISÃO NARRATIVA

3.1. CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA E GLOBAL DAS INDICAÇÕES GEOGRÁFICAS

O conceito de Indicação Geográfica (IG) emergiu historicamente como resposta orgânica às dinâmicas do comércio e da valorização territorial, consolidando-se como mecanismo de proteção intelectual para produtos intimamente vinculados a suas origens geográficas. Seu desenvolvimento seminal ocorreu na Europa, particularmente no setor vitivinícola, onde produtores e consumidores perceberam que vinhos de regiões específicas possuíam qualidades sensoriais inimitáveis, atribuíveis a fatores geográficos singulares (Kakuta, 2006).

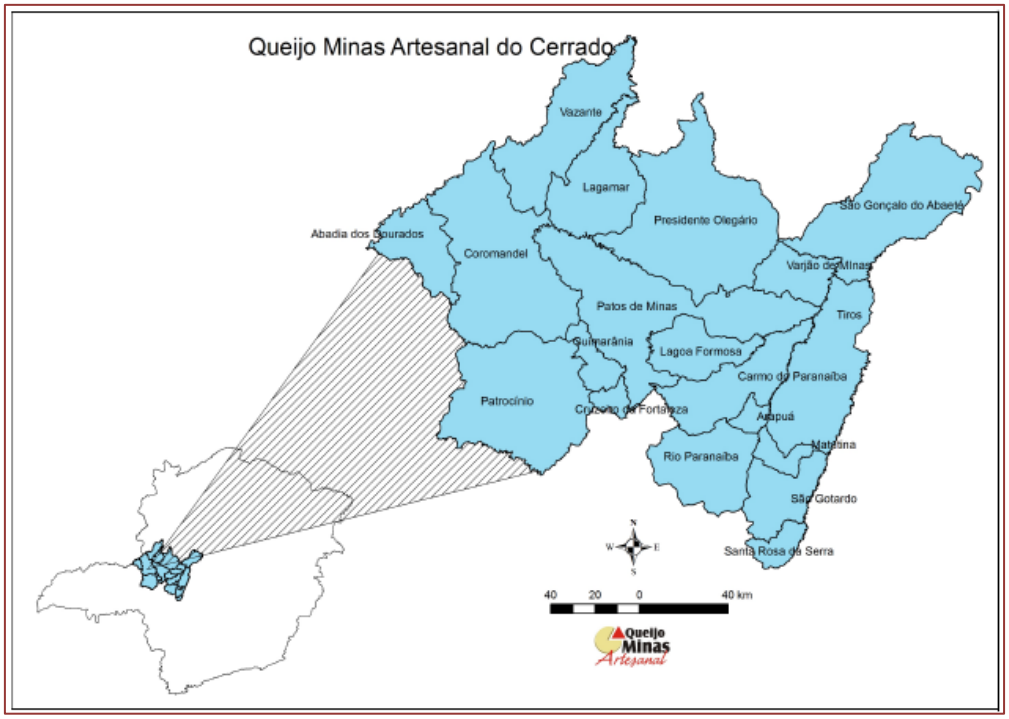
Essa percepção levou à apropriação do nome geográfico como elemento central da identidade e do valor comercial, estabelecendo as bases para um sistema que transcende a mera descrição de origem. No cenário internacional, as IGs evoluíram para instrumentos jurídicos sofisticados, reconhecidos em acordos multilaterais como o Acordo TRIPS da Organização Mundial do Comércio. Este arcabouço consolida a definição de IG como um sinal distintivo aplicado a produtos cuja qualidade, reputação ou característica específica seja essencialmente atribuível à sua origem geográfica (Bruch, 2023).

Para os alimentos tradicionais, em especial, as IGs assumem uma dimensão cultural vital: funcionam como salvaguardas de patrimônios imateriais, protegendo saberes-fazer ancestrais, técnicas produtivas históricas e paisagens culturais contra a apropriação indevida e a diluição por produções genéricas. No Brasil, esse movimento ganhou força nas últimas décadas, refletindo tanto uma maior conscientização sobre a diversidade cultural nacional quanto uma estratégia de desenvolvimento regional baseada na agregação de valor a produtos territoriais únicos (Pellin, 2019).

3.2. MARCO LEGAL E DEFINIÇÕES NO ORDENAMENTO BRASILEIRO

No Brasil, o regime jurídico das Indicações Geográficas está estabelecido pela Lei nº 9.279/1996 (Lei da Propriedade Industrial), cabendo ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) a concessão e gestão dos registros, demostrado na Figura 1. Conforme Bruch (2023), as IGs são definidas como indicações que identificam um produto como originário de um território, quando sua qualidade, reputação ou característica distintiva seja essencialmente atribuída a essa origem. A legislação nacional estrutura a proteção em duas modalidades distintas: Indicação de Procedência (IP) e Denominação de Origem (DO) (Silva; Machado, 2023).

Figura 1. Mapa de delimitação política dos municípios da Região do Cerrado – EMATER-MG



Fonte: Certificado de registro de identificação Geográfica de Queijo do Cerrado (INPI, 2023).

A Indicação de Procedência (IP) refere-se ao "nome geográfico de país, cidade, região ou localidade de seu território, que se tenha tornado conhecido como centro de extração, produção ou fabricação de determinado produto ou de prestação de determinado serviço" (Art. 177, Lei 9.279/96). Seu fundamento jurídico é a notoriedade pré-existente, a fama adquirida pelo local em função do produto. A proteção é concedida mediante comprovação de que o nome geográfico é reconhecido pelo público consumidor como identificador confiável da origem, como exemplificado pelo Doce de Pelotas (RS) e pelo Guaraná de Maués (AM) (Wilkinson; Cerdan; Dorigon, 2017).

Em contraste, a Denominação de Origem (DO) constitui uma modalidade mais exigente e complexa. É definida como o "nome geográfico de país, cidade, região ou localidade de seu território, que designe produto ou serviço cujas qualidades ou características se devam exclusiva ou essencialmente ao meio geográfico, incluídos fatores naturais e humanos"

(Art. 178, Lei 9.279/96). Aqui, supera-se o requisito da notoriedade para exigir a demonstração de um nexo causal inequívoco.

As características distintivas do produto como sabor, aroma ou textura devem derivar, de modo exclusivo ou essencial, da interação sinérgica entre fatores naturais (clima, solo, microbiota) e fatores humanos (saber-fazer tradicional, técnicas artesanais específicas) inerentes ao território delimitado. Um exemplo paradigmático seria um queijo cujo perfil sensorial peculiar derive exclusivamente do leite de vacas criadas em pastagens nativas de uma região específica. O Queijo Serrano Campos de Cima da Serra constitui um caso brasileiro que atende a esses rigorosos critérios (Silva *et al.*, 2024).

Paralelamente à função regulatória do INPI, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), por meio de sua Coordenação de Indicação Geográfica (CIG), desempenha um papel complementar de fomento e apoio técnico. Esta atuação voltada para a elaboração de dossiês, estruturação de cadeias produtivas e promoção comercial busca transformar o registro legal em instrumento efetivo de desenvolvimento territorial (Cerdan *et al.*, 2009).

Contudo, conforme alertam Almeida *et al*., (2021), persiste uma tensão estrutural entre este marco legal e a valorização dos saberes tradicionais. O obstáculo central reside no caráter declaratório e não certificador do sistema brasileiro: o INPI concede o registro com base na documentação apresentada, mas não fiscaliza a conformidade contínua do produto final no mercado. Esta lacuna transfere o ônus da certificação para as associações de produtores, gerando desafios operacionais que podem comprometer a credibilidade e a eficácia da IG como mecanismo de diferenciação e agregação de valor.

3.3. A RACIONALIDADE DO REGISTRO PARA PRODUTOS ARTESANAIS: BENEFÍCIOS E LIMITES

O registro de um produto artesanal como Indicação Geográfica representa uma estratégia coletiva fundamentada em um cálculo de benefícios e custos, tanto tangíveis quanto intangíveis. Entre os benefícios primários, destaca-se a proteção jurídica do nome geográfico, que impede sua utilização indevida por agentes externos à área delimitada, combatendo a falsificação e o uso irrestrito que desvalorizam a originalidade (Matos; Rovere, 2020). Esta proteção constitui o alicerce para a agregação de valor econômico, pois o selo de IG atua no mercado como garantia de autenticidade e qualidade diferenciada, permitindo o acesso a nichos de consumidores dispostos a pagar mais por produtos únicos e carregados de significado cultural (Almeida *et al.*, 2021).

Concomitantemente, a IG funciona como um passaporte para mercados diferenciados, nacionais e internacionais. A reputação formalizada abre portas para circuitos especializados de gastronomia, turismo rural e feiras setoriais, além de simplificar processos de exportação ao fornecer uma garantia padronizada de origem. A publicação do catálogo "Formaggi Brasiliani con Indicazione Geografica" pela Embaixada do Brasil em Roma exemplifica como o registro é instrumentalizado como ferramenta de promoção comercial internacional, inserindo os queijos artesanais brasileiros no competitivo mercado global de produtos com identidade territorial (Brasil, 2022) (Figura 2).

Figura 2. Mapa produzido pela Embaixada do Brasil em Roma (Itália) sobre as Indicações Geográficas brasileiras de queijos

Fonte: (Brasil, 2022).

Não obstante, o percurso para obtenção e gestão eficaz de uma IG é marcado por limites estruturais significativos. Os custos financeiros e a complexidade burocrática representam uma barreira inicial substantiva. A elaboração do dossiê técnico-científico, que deve comprovar o vínculo geográfico e detalhar o regramento produtivo no Caderno de Especificações Técnicas, demanda investimentos em consultorias especializadas, pesquisas históricas e levantamentos técnicos, onerando associações frequentemente com recursos limitados (Pineda *et al.*, 2021).

A sustentabilidade de uma IG depende, fundamentalmente, de uma governança coletiva robusta e legítima. Requer-se uma entidade representativa com capacidade para requerer o registro, fiscalizar o cumprimento das normas, gerenciar a marca coletiva e mediar conflitos internos. A fragilidade institucional de muitas organizações de produtores artesanais é amplamente reconhecida como um dos principais entraves à efetividade duradoura das IGs no Brasil (Martinelli; Anjos, 2023).

3.4. A IMPORTÂNCIA SINGULAR DAS IGS PARA A QUEIJARIA ARTESANAL BRASILEIRA

Para os queijos artesanais brasileiros, as Indicações Geográficas assumem uma relevância que transcende a formalização comercial, conectando-se a questões de identidade cultural, segurança alimentar qualificada e sustentabilidade territorial. Em primeiro plano, elas operam como uma garantia de qualidade ancorada na tradição. Ao estabelecerem um Caderno de Especificações Técnicas que prescreve minuciosamente o processo produtivo, desde a raça do gado e seu regime alimentar até as técnicas de cura, tipos de coalho e tempos de maturação, as IGs institucionalizam e protegem o saber-fazer tradicional que se encontrava vulnerável à padronização industrial e à erosão cultural (Cruz; Hespanhol, 2018).

Este mecanismo assegura a preservação da tipicidade e da originalidade sensorial de cada variedade. O sabor ácido e a textura semidura do Queijo da Canastra, a suavidade e olhaduras características do Queijo do Serro, ou o sabor marcante e massa amanteigada do Queijo do Marajó convertem-se, assim, de meras variações empíricas em atributos certificados e juridicamente defendidos. A IG atua, portanto, contra a homogeneização do paladar, transformando práticas locais em patrimônio gastronômico reconhecido (Medeiros; Horodyski; Passador, 2017).

Num país de dimensões continentais e diversidade biocultural como o Brasil, a IG revela-se uma ferramenta poderosa para a valorização política da regionalidade. Ela insere o produto numa narrativa mais ampla sobre o território, associando-o intimamente à sua paisagem, história e cultura local. O queijo transforma-se em embaixador de sua região, estimulando sinergias com o turismo gastronômico, revitalizando economias locais e contribuindo para a fixação de populações no meio rural (Vitrolles, 2011).

Os impactos econômicos e territoriais são mensuráveis: a diferenciação no mercado gera melhores rendimentos, a atividade demanda mão de obra local especializada e toda a cadeia produtiva tende a se fortalecer, beneficiando desde os produtores de leite até o comércio regional. Dessa forma, a IG transfigura um simples alimento num ativo estratégico para um desenvolvimento rural endógeno e sustentável (Córdova; Schlickmann; Pinto, 2014).

3.5. PANORAMA DOS REGISTROS DE QUEIJOS ARTESANAIS COM IG NO BRASIL

O Brasil vem construindo um patrimônio queijeiro artesanal formalmente reconhecido, cujo mosaico reflete a notável diversidade de seus biomas e matrizes culturais. Conforme sintetizado no Quadro 1, os registros concedidos até março de 2025 pelo INPI e MAPA abrangem seis principais indicações, que serão detalhadas a seguir.

Quadro 1. Identificação Geográfica de queijos artesanais concedidas no Brasil

Indicação Geográfica	Espécie	Produto	Requerente	Publicação da concessão
Serro	Indicação de Procedência	Queijo Minas Artesanal do Serro	Associação dos Produtores Artesanais do Queijo Serro - Apaqs	RPI nº 2136, de 13 de dezembro de 2011
Canastra	Indicação de Procedência	Queijo	Associação dos Produtores do Queijo Canastra - Aprocan	RPI nº 2149, de 13 de março de 2012
Colônia Witmarsum	Indicação de Procedência	Queijo	Cooperativa Mista Agropecuária Witmarsum Ltda.	RPI nº 2468, de 24 de abril de 2018
Campos de Cima da Serra	Denominação de Origem	Queijo Artesanal Serrano	Federação das Associações de Produtores de Queijo Artesanal Serrano de SC e RS	RPI nº 2565, de 03 de março de 2020
Marajó	Indicação de Procedência	Queijo	Associação dos Produtores de Leite e Queijo do Marajó – APLQMarajó	RPI nº 2620, de 23 de março de 2021
Cerrado	Indicação de Procedência	Queijo de leite de vaca cru integral	Associação de Produtores de Queijo Minas Artesanal do Cerrado - Associação Queijo do Cerrado	INPI nº 15, de 01 de agosto de 2023.

Fonte: Lista de IGs Nacionais e Internacionais Registradas - MAPA APROCER – INPI.

O Queijo Minas Artesanal do Serro (Indicação de Procedência – MG): Registrado pioneiramente em 2008, o Queijo do Serro é produzido no município homônimo e arredores da região do Alto Jequitinhonha. Sua fabricação segue técnicas tradicionais que incluem o uso exclusivo de leite cru, coalho vegetal extraído do puçá ou do jasmim-manga, e o característico processo de "pingo", no qual o soro é drenado lentamente, conferindo massa semidura e sabor levemente ácido. Sua fama histórica, associada ao Ciclo do Ouro no século XVIII, quando já era consumido por tropeiros e habitantes locais, foi determinante para o reconhecimento como Indicação de Procedência, amparando-se na notoriedade secular do território (Medeiros; Horodyski; Passador, 2017).

Queijo Canastra (Indicação de Procedência – MG): Registrado em 2012, o Queijo Canastra constitui um dos ícones mais reconhecidos da queijaria artesanal brasileira. Originário da região da Serra da Canastra, sua produção mantém rigorosos padrões tradicionais: utiliza leite cru, coalho obtido do estômago de bezerros (coalho pingo) e cura mínima de 14 dias em ambiente natural. Sua textura firme, crosta amarelada e sabor marcante, ligeiramente picante, resultam da interação entre o microclima da serra e o saber-fazer transmitido por gerações. Sua notoriedade consolidou-se tanto no mercado interno quanto internacional, sendo frequentemente associado à gastronomia de qualidade e aos circuitos de turismo rural (Matos; Rovere, 2020).

Queijo Colônia Witmarsum (Indicação de Procedência – PR): Registrado em 2018, este queijo representa a tradição queijeira dos imigrantes menonitas estabelecidos no Paraná desde a década de 1950. Produzido na Colônia Witmarsum, é elaborado com leite cru e técnicas europeias adaptadas ao contexto local, resultando em um queijo de massa semidura, formato cilíndrico achatado e sabor suave e levemente adocicado. O processo inclui a fermentação por culturas lácticas específicas e cura controlada, que preservam suas características distintivas. O registro como Indicação de Procedência não apenas

protege a denominação, mas também valoriza a identidade cultural e o modo de vida comunitário dos produtores (Cislaghi; Badaró, 2021).

Queijo Artesanal Serrano Campos de Cima da Serra (Denominação de Origem – RS/SC): Registrado em 2020, é atualmente a única Denominação de Origem para queijos artesanais no Brasil, o que reflete a exigência de comprovar o vínculo causal entre o produto e seu meio geográfico. Produzido nos campos de altitude do planalto serrano do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, sua tipicidade é atribuída à combinação de fatores naturais como o pasto nativo, o clima frio e o relevo acidentado, além de fatores humanos, representados pelo manejo extensivo do gado e pelas técnicas de fabricação herdadas dos tropeiros. O resultado é um queijo de massa firme, sabor intenso e ligeiramente ácido, que reflete diretamente o ecossistema pampeiro (Vitrolles, 2011).

Queijo de Marajó (Indicação de Procedência – PA): Registrado em 2021, o Queijo de Marajó é o principal representante da queijaria artesanal amazônica. Elaborado na Ilha do Marajó a partir de leite cru de búfala, destaca-se por sua massa amanteigada, cor amarelo-escura e sabor marcante, com nuances que remetem à vegetação da várzea. O processo produtivo tradicional envolve a coagulação com coalho artesanal, a moldagem em fôrmas de palha e a cura em ambiente natural, influenciado pela alta umidade e temperatura local. Mais do que um alimento, o queijo é um símbolo da cultura marajoara, estando profundamente ligado às tradições identitárias e ao modo de vida ribeirinho (Cruz, 2017).

Queijo do Cerrado (Indicação de Procedência – MG): Registro mais recente, concedido em 2023, o Queijo do Cerrado é produzido em municípios do norte de Minas Gerais inseridos no bioma Cerrado. Sua principal característica é o uso de leite cru de vacas criadas soltas e alimentadas com pastagens nativas e espécies do Cerrado, como o pequi e o baru, o que confere ao queijo aromas e sabores peculiares, com notas florais e herbais. O processo de fabricação mantém técnicas artesanais, incluindo coagulação lenta, corte manual da massa e cura em temperatura ambiente. O reconhecimento como Indicação de Procedência visa proteger e valorizar não apenas o produto, mas também o bioma e os sistemas tradicionais de produção que contribuem para a conservação do Cerrado (INPI, 2023).

3.5.1. CASOS EMBLEMÁTICOS À ESPERA DE RECONHECIMENTO: A LACUNA ENTRE TRADIÇÃO E REGISTRO FORMAL

O panorama dos registros oficiais, embora representativo, revela apenas uma fração da rica diversidade queijeira artesanal brasileira. Inúmeros queijos de profundo significado cultural e histórico, amplamente reconhecidos pela população e ícones de suas regiões, permanecem à margem do sistema de Indicação Geográfica. Dois casos paradigmáticos nesse sentido são o Queijo Manteiga e o Queijo Coalho, verdadeiros patrimônios gastronômicos do Nordeste (Leite, 2018).

O Queijo Coalho, com sua textura firme e sabor característico que se transforma quando assado nas brasas, é um elemento central da cultura alimentar nordestina, presente em feiras, praias e festividades (Almeida et al., 2021). Da mesma forma, o Queijo de Manteiga, de massa amarelo-intensa, sabor pronunciado e consistência cremosa, é um produto tradicional de estados como Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte, carregado de saber-fazer familiar transmitido por gerações (Nassu; Lima; Andrade, 2009).

Sua relevância transcende o aspecto cultural, de modo que esses queijos desempenham um papel vital na economia regional, sendo fontes primárias de ocupação e renda para milhares de famílias rurais. No Rio Grande do Norte, o setor mantém uma tradição de mais de 300 anos, com centenas de queijarias que geram milhares de empregos. A importância econômica é evidenciada pelo volume de produção, somente na região do Seridó (RN), produzem-se mensalmente cerca de 74 mil quilos de queijo de coalho e mais de 236 mil quilos de queijo de manteiga (Queiroz et al., 2025). Em Pernambuco, a bacia leiteira do Agreste destina aproximadamente metade de sua produção para a fabricação de queijos, movimentando cerca de R$ 81 milhões por mês e sustentando a permanência do homem no campo (Pellin, 2018).

A ausência de registro de IG para esses queijos não se deve a uma falta de notoriedade ou de vínculo com o território, requisitos amplamente preenchidos, mas justamente aos obstáculos estruturais e burocráticos inerentes ao processo de formalização. A produção artesanal é marcada pelo empirismo, resultando em grandes variações nos processos, como tempo de coagulação, temperatura de cozimento e quantidade de insumos, o que dificulta a padronização técnica exigida para o registro (Leite, 2018).

A informalidade é alarmante: a maioria das queijarias opera sem inspeção sanitária oficial, muitas vezes por falta de recursos para adequar a infraestrutura física ou por desconhecimento de legislações como a Instrução Normativa nº 30 do MAPA (Almeida et al., 2021). A ocorrência de fraudes econômicas, especialmente no queijo de manteiga, com a substituição da gordura do leite por óleos vegetais, descaracteriza o produto e compromete sua autenticidade perante os órgãos reguladores (Leite, 2018).

A dificuldade em organizar centenas de pequenos produtores dispersos em uma associação com governança forte, os custos proibitivos para a elaboração do dossiê técnico e a condução do processo perante o INPI, e, sobretudo, o conflito potencial com as rígidas normas sanitárias para produtos de leite cru, representam barreiras quase intransponíveis para muitas dessas comunidades tradicionais (Queiroz et al., 2025). Esses casos ilustram, de maneira vívida, como o atual modelo de IG pode, involuntariamente, excluir justamente os produtos mais enraizados à cultura popular, revelando a distância entre o status legal e o reconhecimento sociocultural efetivo.

3.6. PRINCIPAIS DIFICULDADES E DESAFIOS OPERACIONAIS

A despeito dos avanços quantitativos nos registros, a efetividade plena das Indicações Geográficas para queijos artesanais no Brasil confronta-se com desafios complexos e inter-relacionados, muitos dos quais são intrínsecos às tensões do próprio marco regulatório e exemplificados pelos casos de queijos tradicionais ainda não registrados. O caráter declaratório do sistema, anteriormente mencionado, materializa-se na prática como um ônus excessivo de governança para as entidades gestoras (Cruz, 2017).

A necessidade de uma estrutura coletiva robusta para fiscalização interna, resolução de conflitos e manutenção dos padrões torna-se crítica, como evidenciado pela dificuldade de organização em torno do Queijo Coalho e do Queijo Manteiga. A fragilidade institucional de muitas associações de produtores artesanais, comuns em contextos de agricultura familiar, frequentemente resulta em incapacidade de implementar controles eficazes, gerando inconsistências de qualidade que enfraquecem a credibilidade do selo perante consumidores e comerciantes (Val; Bomfeti, 2024).

Contudo, o desafio mais crítico e estrutural é a tensão irreconciliável, em muitos casos, entre os requisitos sanitários vigentes e as práticas tradicionais consagradas. A expansão dos registros não foi acompanhada por uma política pública federal que contemple as especificidades da produção artesanal em pequena escala (Cislaghi; Badaró, 2021).

Diante da inexistência normativa específica, aplica-se de forma generalizada o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária dos Produtos de Origem Animal (RIISPOA), desenhado para um modelo industrial. Esta imposição de um paradigma sanitarista-industrial entra em conflito direto com práticas constitutivas da tradicionalidade, como o uso obrigatório de leite cru, as instalações rústicas adaptadas e os processos lentos de maturação, exatamente as práticas que definem muitos queijos tradicionais não registrados (Silva; Machado, 2023).

Conforme argumentam Cardoso *et al*., (2025), este conflito gera um risco paradoxal e severo, a descaracterização do próprio produto e do saber-fazer tradicional que a IG, em tese, foi instituída para proteger e valorizar, forçando os produtores a uma escolha entre conformidade legal e autenticidade cultural.

Finalmente, os desafios de acesso a mercados e captura do valor agregado persistem na fase pós-registro. A obtenção da IG não resolve deficiências de infraestrutura logística, lacunas em gestão comercial ou ausência de estratégias de marketing eficazes. Os custos incrementais associados à adequação sanitária e à produção controlada podem elevar o preço final sem que existam canais de comercialização preparados para absorver e comunicar esse valor adicional ao consumidor (Nascimento; Cruz; Calvi, 2019).

Neste cenário, a busca por certificações complementares, como os Sistemas Participativos de Garantia ou certificações de terceira parte, emerge como uma estratégia para conferir credibilidade verificada e acessar nichos de mercado mais exigentes, tentando completar o ciclo de valorização que o instrumento legal da IG, isoladamente, não consegue assegurar na prática (Dargère *et al.*, 2023).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta revisão narrativa permitiu compreender que as Indicações Geográficas se configuram como um instrumento estratégico para a valorização da identidade regional dos queijos artesanais no Brasil, atuando não apenas como um selo de proteção legal, mas como um catalisador de desenvolvimento territorial. Ao vincular formalmente o produto ao seu lugar de origem e ao saber-fazer tradicional, as IGs conferem autenticidade, diferenciam no mercado e abrem portas para circuitos comerciais especializados, tanto no âmbito nacional quanto internacional. O mapeamento dos registros existentes evidencia uma trajetória de reconhecimento progressivo da diversidade queijeira brasileira, desde os tradicionais queijos mineiros até os representantes dos biomas Cerrado e Amazônia, consolidando um patrimônio gastronômico protegido.

No entanto, a análise realizada também revelou que os benefícios potenciais das IGs são limitados por desafios estruturais profundos e interligados. A fragilidade da governança coletiva, os custos elevados do processo de registro e, sobretudo, o conflito entre as normas sanitárias de caráter industrial e as práticas artesanais tradicionais representam barreiras significativas. Esses obstáculos são claramente exemplificados pela situação de queijos emblemáticos como o Coalho e o Manteiga, amplamente reconhecidos culturalmente no Nordeste, mas que permanecem à margem do sistema formal de

indicação geográfica. Esta lacuna entre a notoriedade sociocultural e o reconhecimento legal expõe as limitações do modelo atual em incluir produtos de profunda raiz popular.

Diante desse cenário, conclui-se que a efetividade das Indicações Geográficas como ferramenta de valorização identitária e desenvolvimento regional depende da superação desses entraves. É imperativo avançar na construção de um marco regulatório mais sensível às especificidades da produção artesanal, promovendo a criação de normativas sanitárias diferenciadas que conciliem segurança alimentar e preservação das práticas tradicionais. Paralelamente, é fundamental o fortalecimento de políticas públicas de apoio técnico, financeiro e comercial direcionadas às associações de produtores, dando subsídio para a gestão da IG e para a agregação de valor local. O caminho para a plena valorização da identidade regional por meio dos queijos artesanais exige, portanto, não apenas o registro da origem, mas um compromisso integrado com a sustentabilidade cultural, social e econômica dos territórios e de seus guardiões do saber tradicional.

REFERÊNCIAS

[1] ALMEIDA, S. *et al.* Regulação Cultural, Indicação Geográfica e a (Re)Significação de um Queijo Artesanal. **Organizações & Sociedade**, v. 28, p. 422–441, 2021.

[2] BRASIL. Lei Nº 9.279, de 14 de maio de 1996. **Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial**. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1996.

[3] BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional da Propriedade Industrial. **Indicações de Procedência reconhecidas concedidas até dia 29/06/18**. 2022.

[4] BRUCH, K. Indicações Geográficas para o Brasil: problemas e perspectivas. 2023.

[5] CARDOSO, K. L. R. *et al.* Discrimination of artisanal Minas cheeses according to geographical origin using spectroscopic and chromatographic techniques associated with chemometrics. **Food Chemistry**, v. 484, p. 144466, 2025. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814625017170.

[6] CERDAN, C. *et al.* Elaboração de regulamento de uso, conselho regulador e definição do controle. *In*: CURSO DE PROPRIEDADE INTELECTUAL E INOVAÇÃO NO AGRONEGOCIO : MODULO II. INDICAÇÃO GEOGRAFICA / PIMENTEL OTAVIO LUIZ (ED.). Brasilia: MAPA [Brasil], 2009. p. 194–222. Disponível em: https://publications.cirad.fr/une_notice.php?dk=554773.

[7] CISLAGHI, F. P. de C.; BADARÓ, A. C. L. Dilemas da produção de queijo colonial artesanal do sudoeste do paraná. **Revista Faz Ciência**, v. 23, n. 37, p. 108–124, 2021. Disponível em: https://e-revista.unioeste.br/index.php/fazciencia/article/view/27011.

[8] CÓRDOVA, U. de A.; SCHLICKMANN, A. de F. de M. B. F.; PINTO, C. E. A contribuição do queijo artesanal serrano para o desenvolvimento regional e preservação dos campos de altitude do sul do Brasil. **DRd - Desenvolvimento Regional em debate**, v. 4, n. 2, p. 103–114, 2014. Disponível em: https://www.periodicos.unc.br/index.php/drd/article/view/727.

[9] CRUZ, B. E. V. [UNESP. O alvorecer das indicações geográficas na Amazônia: a “corrida” pela IG do queijo artesanal do Marajó/PA. 2017. Disponível em: http://hdl.handle.net/11449/151138.

[10] CRUZ, B. E. V. da; HESPANHOL, R. A. M. Indicação geográfica e queijos artesanais : marco legal e desafios a uma política para este segmento no Brasil. **Confins. Revue franco-brésilienne de géographie / Revista franco-brasilera de geografia**, n. 37, 2018. Disponível em: https://journals.openedition.org/confins/15222.

[11] DARGÈRE, A. F. *et al.* Artisanal Minas cheese parameters associated with regions of origin in Minas Gerais, Brazil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 75, p. 395–406, 2023. Disponível em: https://www.scielo.br/j/abmvz/a/KD5Q3ZQXMKGjYGV5Jn7GpQK/?lang=en.

[12] GREENHALGH, T. M.; DIJKSTRA, P. **How to Read a Paper: the Basics of Evidence-Based Healthcare**. John Wiley & Sons, 2024.

[13] INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. **Certificado de Registro de Indicação**

Geográfica BR 402022000008-1 de 01 de agosto de 2023. Associação de Produtores de Queijo Minas Artesanal de Cerrado (APROCER). 2023.

[14] KAMIMURA, B. A. *et al.* Brazilian Artisanal Cheeses: An Overview of their Characteristics, Main Types and Regulatory Aspects. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 18, n. 5, p. 1636–1657, 2019. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1541-4337.12486.

[15] LEITE, A. I. N. **Autenticidade do queijo de manteiga no Seridó por espectroscopia no infravermelho.** 2018. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Leite e Derivados) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2018.

[16] MARTINELLI, L.; ANJOS, F. S. D. Valorização dos queijos artesanais brasileiros: Aplicabilidade de três sinais distintivos de qualidade para o queijo coalho a partir da visão de especialistas. **Revista Memória em Rede**, v. 15, n. 28, p. 68–104, 2023. Disponível em: https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/Memoria/article/view/23876.

[17] MATOS, L. A. I.; ROVERE, R. L. L. Tipos de conhecimento regional protegidos pelas instituições na indicação de procedência Canastra (MG). **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 58, p. e188623, 2020. Disponível em: https://www.scielo.br/j/resr/a/V5XCWrR3svC5GfD5Kz5gQQP/?lang=pt.

[18] MEDEIROS, M. de L.; HORODYSKI, G. S.; PASSADOR, J. L. Souvenirs gastronômicos na percepção do turista: o caso do queijo minas artesanal do serro. **Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo**, v. 11, n. 2, p. 347–364, 2017. Disponível em: https://rbtur.org.br/rbtur/article/view/1307.

[19] MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Lista de Indicações Geográficas Nacionais e Internacionais Registradas, 12 de junho de 2023. Revista de Propriedade Industrial (RPI), do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI).

[20] NASCIMENTO, E. C.; CRUZ, B. E. V. da; CALVI, M. F. Queijos diferentes, origem geográfica comum: história e tradição da produção dos queijos do Marajó. **Ateliê Geográfico**, v. 13, n. 3, p. 190–208, 2019. Disponível em: https://revistas.ufg.br/atelie/article/view/57694.

[21] NASSU, R.; LIMA, J.; ANDRADE, A.-S. Caracterização físico-química e análise sensorial de queijo de manteiga produzido no Rio Grande do Norte. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 1, 2009. Disponível em: https://periodicos.ufc.br/revistacienciaagronomica/article/view/83882.

[22] PELLIN, V. Indicações Geográficas e desenvolvimento regional no Brasil: a atuação dos principais atores e suas metodologias de trabalho. **Interações**, p. 63–78, 2019. Disponível em: https://www.interacoes.ucdb.br/interacoes/article/view/1792.

[23] PINEDA, A. P. A. *et al.* Brazilian Artisanal Cheeses: Diversity, Microbiological Safety, and Challenges for the Sector. **Frontiers in Microbiology**, v. 12, 2021. Disponível em: https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2021.666922/full.

[24] QUEIROZ, S. A. V. S. *et al*. Caracterização da produção de queijo de manteiga artesanal: contribuições para a proteção da tradição e indicação geográfica no Seridó, região semiárida brasileira. **Aracê**, v. 7, n. 5, p. 27235–27280, 2025. DOI: 10.56238/arev7n5-358.

[25] SILVA, A. L. K. da *et al.* Where does cheese come from? Geographical indications for Brazilian regional development: a review. **Food Science and Technology**, v. 44, 2024. Disponível em: https://fstjournal.com.br/revista/article/view/90.

[26] SILVA, K. T. da; MACHADO, P. J. de O. ASPECTOS GEOGRÁFICOS, CULTURAIS E SOCIOECONÔMICOS DO QUEIJO MINAS ARTESANAL DAS SERRAS DA IBITIPOCA, MG. **Revista de Geografia - PPGEO - UFJF**, v. 13, n. 1, 2023. Disponível em: https://periodicos.ufjf.br/index.php/geografia/article/view/39106.

[27] VAL, J. S. R. do; BOMFETI, C. A. Requeijão Moreno, a product of the Mucuri Valley in Minas Gerais and its socioeconomic importance. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 59, p. e2072–e2072, 2024. Disponível em: https://doaj.org/article/791eb57c95274b28aa83636051081f79.

[28] VITROLLES, D. When geographical indication conflicts with food heritage protection. **Anthropology of food**, n. 8, 2011. Disponível em: https://journals.openedition.org/aof/6809.

[29] WILKINSON, J.; CERDAN, C.; DORIGON, C. Geographical Indications and "Origin" Products in Brazil – The Interplay of Institutions and Networks. **World Development**, v. 98, p. 82–92, 2017. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305750X15001126.

Capítulo 10

Auditoria de qualidade e segurança de alimentos em redes de fast food: relato de experiência

Aline Araújo Queiroz
Saint Clair Lira Santos
Pahlevi Augusto de Souza
Luan Ícaro Freitas Pinto

Resumo: O *fast food* é amplamente consumido em razão da praticidade, do custo relativamente baixo e da influência do marketing. Contudo, o modelo de produção acelerado e em larga escala impõe desafios significativos à segurança dos alimentos, exigindo rigorosas boas práticas de manipulação, controle de processos, monitoramento sanitário e padronização de fornecedores. Nesse contexto, a auditoria em redes de fast food destaca-se como ferramenta essencial para assegurar o cumprimento dos padrões de qualidade, segurança alimentar, atendimento e eficiência operacional, atuando de forma preventiva na identificação de não conformidades e na promoção da melhoria contínua. O estudo configura-se como um relato de experiência de natureza descritiva, exploratória e qualitativa, baseado na observação direta, análise documental e verificação das condições operacionais, estruturais e produtivas, em conformidade com a legislação sanitária vigente no Brasil, contribuindo para a compreensão dos procedimentos adotados nas auditorias desse segmento.

Palavras chave: segurança dos alimentos, doenças transmitidas por alimentos, comida rápida, auditoria sanitária, serviços de alimentação.

1. INTRODUÇÃO

O termo *fast food*, de origem norte-americana, é utilizado para designar lanchonetes e restaurantes que oferecem lanches e refeições preparados e servidos de forma rápida, geralmente a custos acessíveis. Esse tipo de alimentação caracteriza-se pelo fornecimento de alimentos quentes e prontos para consumo imediato ou preparados em curto espaço de tempo após a solicitação do consumidor (Prado; Santos; Carvalho, 2018).

No Brasil, o consumo de hambúrguer teve início na década de 1950, associado à implantação de um novo modelo de lanchonete na região de Copacabana, caracterizado pela ausência de serviço de garçons, pela diversificação do cardápio e por elementos arquitetônicos e decorativos distintos dos padrões vigentes à época. Tal configuração representou uma mudança significativa no formato de oferta de refeições, contribuindo para a consolidação de novos hábitos alimentares no contexto urbano brasileiro (Gonçalves; Oliveira; Pinto, 2025).

No final da década de 1970, registrou-se a introdução de redes internacionais de alimentação rápida no país, tendo como ponto inicial o bairro de Copacabana, na cidade do Rio de Janeiro. A partir da década de 1980, esse modelo de negócio passou por um processo acelerado de expansão em âmbito nacional, alcançando diferentes regiões e consolidando-se nos grandes centros urbanos. Em meados dessa mesma década, o crescimento foi evidenciado pela inauguração de unidades de grande porte na cidade de São Paulo, sinalizando a ampliação e consolidação do setor de fast food no contexto brasileiro (Gonçalves; Oliveira; Pinto, 2025).

A crescente concentração populacional nos centros urbanos contribuiu para o aumento das distâncias entre os locais de moradia e trabalho, levando parte significativa da população a recorrer com maior frequência aos serviços de alimentação fora do lar, especialmente aqueles caracterizados pela rapidez no atendimento e pelo menor custo em comparação às refeições convencionais (Santana; Costa; Shinohara, 2021).

Nos últimos anos, a alimentação fora do lar tem passado por transformações significativas, acompanhando mudanças sociais, econômicas e tecnológicas que influenciam o estilo de vida contemporâneo. Nesse cenário, observa-se a expansão do setor de fast food, caracterizado pela oferta de refeições rápidas, padronizadas e de fácil acesso. Esse crescimento foi intensificado no período pós-pandemia da COVID-19, quando alterações na rotina diária e a consolidação das plataformas digitais de *delivery* ampliaram o consumo de refeições prontas. A praticidade proporcionada pelos aplicativos, aliada à rapidez no preparo e na entrega dos alimentos, contribuiu para mudanças nos hábitos alimentares e para o aumento da demanda por esse segmento.

Diante desse contexto, o fast food configura-se como um dos segmentos mais dinâmicos do setor alimentício, impulsionado pela praticidade, pelo custo relativamente acessível e pela ampla disseminação de estratégias de marketing. No Brasil, esse crescimento manifesta-se de forma expressiva por meio da consolidação das franquias, modelo de negócio fundamentado na replicação de processos e na padronização da marca, dos produtos e dos serviços. Nesse sistema, a franquia detém a marca, o *know-how* e os protocolos operacionais, enquanto o franqueado assume a gestão e a operação das unidades, devendo cumprir normas previamente estabelecidas, aspecto essencial para a manutenção da identidade da marca e para o desempenho do negócio.

Como consequência da expansão das franquias, observa-se também a diversificação dos cardápios, que passaram a incorporar preparações nacionais adaptadas à lógica de

produção rápida e padronizada. Entretanto, embora esse modelo favoreça a uniformidade da oferta e a ampliação do mercado, a descentralização das operações em múltiplas unidades representa um desafio significativo para a gestão da qualidade, especialmente no que se refere à manutenção da padronização dos processos produtivos. A produção em larga escala e o ritmo acelerado de preparo intensificam, assim, a necessidade de controle sistemático das etapas produtivas.

A qualidade dos serviços de alimentação está relacionada a diversos fatores essenciais para a permanência das empresas no mercado, como agilidade no atendimento, capacidade de correção de falhas, prática de preços compatíveis e oferta de ambiente agradável. Contudo, para a maioria dos consumidores, a qualidade e a segurança dos alimentos constituem o principal elemento determinante na avaliação do serviço prestado (Santos, 2016).

Nesse contexto, a seleção e o controle de fornecedores assumem papel fundamental, uma vez que a qualidade das matérias-primas, a regularidade do abastecimento e o atendimento às exigências sanitárias influenciam diretamente os processos produtivos e a prevenção das doenças transmitidas por alimentos e água (DTHA). Embora a utilização de fornecedores homologados contribua para a redução de riscos, a complexidade das cadeias de suprimento pode dificultar a manutenção da padronização e do cumprimento contínuo da legislação vigente, aumentando a vulnerabilidade à ocorrência de DTHA.

As DTHA são causadas pela ingestão de alimentos ou água contaminados e estão associadas à presença de bactérias, vírus, parasitas ou substâncias químicas. Considera-se surto quando duas ou mais pessoas apresentam sinais e sintomas semelhantes após a ingestão de produtos de mesma origem, sendo que, em enfermidades graves, como botulismo e cólera, a confirmação de um único caso já caracteriza surto (Brasil, 2025). Muitas vezes, os alimentos contaminados não apresentam alterações sensoriais perceptíveis, o que dificulta a identificação do risco pelo consumidor e pode resultar em quadros clínicos que variam de sintomas leves a manifestações graves e potencialmente fatais (Oliveira, 2010; Murray; Rosenthal; Pfaller, 2014).

Diante desse cenário, a segurança dos alimentos assume papel central na proteção da saúde pública, sendo definida como o conjunto de práticas e medidas adotadas ao longo de toda a cadeia produtiva para garantir a inocuidade dos alimentos. As Boas Práticas de Manipulação configuram-se como ferramentas fundamentais para o controle dos perigos físicos, químicos e biológicos, conforme estabelecido pela Resolução da Diretoria Colegiada n.º 216/2004.

A auditoria de qualidade e segurança dos alimentos constitui, portanto, uma ferramenta essencial para a garantia das condições higiênico-sanitárias em serviços de alimentação, especialmente em estabelecimentos do tipo fast food. Por meio da avaliação sistemática das instalações, dos procedimentos operacionais e das práticas adotadas, a auditoria possibilita a identificação de não conformidades e o direcionamento de ações corretivas. Diante disso, o presente estudo tem como objetivo descrever a experiência profissional na realização de auditorias de segurança dos alimentos em redes de serviços de alimentação do tipo fast food, evidenciando sua importância para a melhoria contínua dos processos.

2. METODOLOGIA

Trata-se de um estudo descritivo, de abordagem qualitativa, caracterizado como relato de experiência, baseado na atuação profissional em auditorias de segurança dos alimentos realizadas em uma rede de serviços de alimentação do tipo fast food. Com o intuito de preservar a confidencialidade e atender aos princípios éticos, não são apresentados dados quantitativos nem informações que possibilitem a identificação da empresa auditada.

As auditorias externas foram conduzidas com base nos requisitos estabelecidos pela legislação sanitária brasileira, especialmente nas resoluções publicadas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária, além de normas internas e diretrizes de boas práticas aplicáveis aos serviços de alimentação.

Os procedimentos adotados incluíram observação direta das rotinas operacionais, análise documental e verificação das condições das instalações físicas, dos equipamentos e dos fluxos produtivos, contemplando desde o recebimento das matérias-primas até a distribuição dos alimentos ao consumidor final.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1. PREPARAÇÃO PARA A AUDITORIA

A preparação para a auditoria envolve treinamentos e alinhamentos realizados pelo auditor junto à empresa de auditoria e às franquias auditadas, com o objetivo de garantir a padronização dos critérios de avaliação e a compreensão integral dos processos operacionais. Nessa etapa, são detalhados os fluxos do serviço de alimentação, abrangendo desde a seleção e homologação de fornecedores até as etapas de preparo, manipulação, distribuição e disponibilização do produto final.

O auditor participa de treinamentos teóricos e práticos que possibilitam o aprofundamento nos procedimentos operacionais padronizados, nas boas práticas de manipulação e nos requisitos legais aplicáveis à segurança dos alimentos. Esses treinamentos são fundamentais para assegurar que a auditoria seja conduzida de forma técnica, imparcial e uniforme.

As auditorias possuem caráter não anunciado, ocorrendo dentro de períodos previamente definidos pelo corporativo da franquia. Essa estratégia permite a observação realista das rotinas operacionais e a avaliação precisa das práticas adotadas em condições normais de funcionamento.

3.2. INSTRUMENTOS UTILIZADOS DURANTE A AUDITORIA

3.2.1. MANUAIS E DIRETRIZES

Os padrões operacionais a serem seguidos pelos franqueados, bem como o atendimento às normas sanitárias vigentes, são estabelecidos por meio de manuais e diretrizes elaborados pelo corpo corporativo das franquias, considerando as características dos alimentos comercializados e as legislações sanitárias federais aplicáveis, como a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) n.º 216/2004. Esses documentos funcionam como guias orientadores das práticas adotadas nas unidades franqueadas e são periodicamente revisados e atualizados, sendo posteriormente disseminados pelo corporativo com o objetivo de garantir a padronização dos processos, a conformidade legal e a manutenção das condições higiênico-sanitárias ao longo de toda a operação.

3.2.2. *CHECKLISTS*, TERMÔMETROS, LANTERNA E FITA TESTE DE CLORO

Para a realização do processo de auditoria, foram utilizados checklists, termômetros digitais (infravermelho e de imersão), lanternas de pequeno porte e fitas teste de cloro, sendo os checklists elaborados pelo corporativo da franquia em conformidade com os manuais e diretrizes operacionais previamente estabelecidos e estruturados por temas que contemplam os principais requisitos higiênico-sanitários e operacionais aplicáveis aos serviços de alimentação.

Cada item do checklist foi avaliado individualmente e classificado como conforme, não conforme ou não aplicável, de acordo com critérios previamente definidos, considerando não apenas a existência de documentos ou registros, mas também a efetiva implementação dos procedimentos descritos e sua aderência às práticas observadas durante a auditoria.

Os checklists foram disponibilizados em plataformas digitais compatíveis com os sistemas iOS e Android, possibilitando o registro das informações em tempo real, a geração automática de pontuação final, a consolidação dos dados, o acompanhamento do desempenho das unidades e a rastreabilidade das avaliações realizadas.

Durante a auditoria, foram utilizados termômetros digitais pertencentes ao auditor, dos tipos infravermelho (laser) e de imersão, ambos devidamente calibrados e com certificação válida, empregados exclusivamente nos casos em que o estabelecimento não dispunha de termômetros próprios ou quando os equipamentos apresentados não possuíam certificado de calibração válido, assegurando a confiabilidade das medições e a adequada verificação do controle de tempo e temperatura nas diferentes etapas do processo produtivo, em conformidade com os manuais operacionais da franquia e a legislação sanitária vigente.

Como instrumento auxiliar, utilizaram-se lanternas de pequeno porte para a inspeção visual de áreas de difícil acesso, com o objetivo de identificar sujidades, resíduos acumulados e possíveis indícios de pragas em locais como frestas, ralos, partes internas de equipamentos, áreas sob bancadas e pontos com iluminação insuficiente.

Adicionalmente, foram utilizadas fitas teste de cloro pertencentes ao auditor para a verificação da concentração de cloro dos sanitizantes diluídos empregados na higienização de bancadas, superfícies de contato com alimentos e no processo de higienização de hortifrutis, sendo aplicadas exclusivamente quando o estabelecimento não dispunha desse insumo ou quando as fitas apresentadas se encontravam fora do prazo de validade, permitindo avaliar a correta diluição dos sanitizantes e contribuindo para a eficácia dos procedimentos de higienização.

4. PROCESSO DE AUDITORIA

4.1. INÍCIO

O processo de auditoria inicia-se com a apresentação do auditor ao responsável pelo estabelecimento de fast food e à equipe envolvida. Nesse momento, são esclarecidos os objetivos da auditoria, o tempo estimado para sua realização, bem como as áreas e os setores que serão avaliados. Também são apresentados os critérios e a metodologia adotados, reforçando-se que a auditoria será conduzida de forma ética, imparcial e transparente, sem conflitos de interesse. Essa etapa inicial é fundamental para promover

um ambiente colaborativo, assegurar o alinhamento entre as partes e contribuir para uma condução tranquila, uniforme e justa de todo o processo avaliativo.

4.2. EXECUÇÃO DA AUDITORIA

O roteiro de auditoria pode variar de acordo com o tipo de franquia e sua origem, nacional ou internacional. Entretanto, observa-se que a maioria das franquias adota critérios de avaliação semelhantes, concentrando-se em aspectos comuns relacionados aos requisitos legais, às condições higiênico-sanitárias, aos procedimentos operacionais e à padronização da marca. Os principais pontos avaliados estão descritos a seguir:

4.2.1. ASPECTOS LEGAIS E REGULATÓRIOS

Nas franquias, a avaliação dos aspectos legais e regulatórios envolve a conferência detalhada da existência, validade e atualização dos documentos obrigatórios, tais como licença sanitária, alvará de funcionamento, alvará do Corpo de Bombeiros, laudos de potabilidade da água, registros de higienização da caixa-d'água, certificados de calibração de termômetros, Manual de Boas Práticas e Procedimentos Operacionais Padronizados. O auditor verifica se esses documentos estão disponíveis na unidade, acessíveis aos colaboradores e se as exigências legais neles previstas são efetivamente cumpridas na prática, por meio do confronto entre registros, fluxos operacionais, condições estruturais e práticas observadas, à luz da legislação sanitária vigente e das diretrizes corporativas das franquias.

4.2.2. HIGIENE PESSOAL, SAÚDE OCUPACIONAL E USO DE EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

A avaliação da higiene pessoal e da saúde dos colaboradores nas franquias ocorre por meio da observação direta das práticas adotadas durante a operação. Consideram-se, nesse processo, o uso adequado de uniformes completos, limpos e exclusivos para a atividade, a ausência de adornos, as condições das mãos, unhas e cabelos, bem como a correta lavagem e antissepsia das mãos nos momentos críticos do processo produtivo.

Adicionalmente, avalia-se o uso correto e contínuo dos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) exigidos para cada função, conforme estabelecido nos manuais corporativos das franquias e nas normas de segurança e higiene do trabalho. Verificam-se, entre outros aspectos, o uso de toucas ou redes para contenção dos cabelos, luvas descartáveis, quando aplicável, aventais, máscaras e demais EPIs previstos para as atividades de manipulação de alimentos, limpeza e sanitização.

A auditoria contempla ainda a verificação da obrigatoriedade e da conformidade dos programas de saúde e segurança ocupacional, incluindo o Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO) e o Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR). Avaliam-se, nesse contexto, a existência, a atualização e a compatibilidade desses programas com as atividades desenvolvidas na unidade.

Também são analisadas as condições de armazenamento, conservação, higienização e substituição dos EPIs, assegurando-se que se encontrem em condições adequadas de uso e devidamente disponíveis aos colaboradores. Complementarmente, verificam-se os registros de treinamentos em Boas Práticas, as capacitações periódicas e os documentos

relacionados à saúde ocupacional, observando-se a periodicidade, a atualização e a aderência dos colaboradores aos procedimentos estabelecidos pelas franquias.

4.2.3. CONTROLE DE PRAGAS

O controle de pragas nas franquias é avaliado por meio da análise de contratos vigentes com empresas especializadas, dos relatórios técnicos de aplicação, da periodicidade das ações e dos produtos utilizados. A avaliação documental é complementada por inspeção visual minuciosa das áreas internas e externas das unidades, incluindo áreas produtivas, depósitos, áreas de resíduos, salão de atendimento e áreas técnicas.

Durante a inspeção, observam-se possíveis indícios de infestação, a integridade das barreiras físicas, a vedação adequada de portas, janelas e ralos, a organização dos ambientes e a adoção de medidas preventivas. A conformidade é definida pela coerência entre os registros apresentados e as condições efetivamente observadas durante a auditoria.

4.2.4. CONTROLE E PREVENÇÃO DA CONTAMINAÇÃO CRUZADA

A prevenção da contaminação cruzada nas franquias é avaliada por meio da verificação do layout, do fluxo operacional e da organização das áreas produtivas. O auditor observa a adequada segregação entre alimentos crus, semiprontos e prontos, bem como a utilização de utensílios, equipamentos e superfícies exclusivas para cada etapa do processo. Também são analisados a correta identificação, manipulação e o armazenamento dos produtos.

Adicionalmente, avaliam-se as práticas de higienização entre as diferentes etapas do processo produtivo, incluindo os procedimentos específicos aplicados aos hortifrutis, desde a seleção e a lavagem inicial até a sanitização com solução apropriada e o posterior enxágue, conforme os padrões estabelecidos pelas franquias. Verifica-se ainda o uso adequado de EPIs específicos para cada atividade, assegurando que os procedimentos adotados reduzam efetivamente os riscos de contaminação, em conformidade com os manuais corporativos.

4.2.5. MONITORAMENTO E CONTROLE DE TEMPERATURA

O controle de temperatura é avaliado de forma sistemática nas franquias, abrangendo todas as etapas do processo produtivo. São analisados os registros de monitoramento dos equipamentos de refrigeração, congelamento, cocção e manutenção a quente e a frio, verificando-se a frequência de aferição, o correto preenchimento, a rastreabilidade e a coerência dos dados registrados. Durante a auditoria, realizam-se medições pontuais com instrumentos devidamente calibrados, possibilitando o confronto entre os registros apresentados e as condições reais observadas, de modo a assegurar o cumprimento dos limites estabelecidos pelas franquias.

4.2.6. HIGIENIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS, UTENSÍLIOS E ESTRUTURA

A avaliação da limpeza nas franquias ocorre por meio da análise dos registros de higienização, da verificação da correta diluição dos produtos sanitizantes e da observação

direta das condições de limpeza de equipamentos, utensílios e estruturas físicas. São inspecionadas superfícies de contato com alimentos, áreas de difícil acesso, equipamentos em uso e fora de uso, avaliando-se a frequência, a eficácia e a padronização dos procedimentos adotados.

Analisa-se ainda o uso adequado de EPIs pelos colaboradores responsáveis pelas atividades de limpeza e sanitização, conforme estabelecido nos manuais corporativos das franquias.

4.2.7. GESTÃO DA SEGURANÇA DOS PRODUTOS

A gestão da segurança dos produtos nas franquias é avaliada por meio da verificação direta das condições operacionais adotadas na unidade. Considera-se, nesse processo, a utilização de matérias-primas e insumos previamente homologados pelas redes franqueadoras, bem como critérios relacionados à validade, à integridade das embalagens, à identificação interna, à rastreabilidade, à rotulagem, às condições adequadas de armazenamento e à correta segregação dos produtos.

O auditor verifica ainda os procedimentos adotados para o descarte de produtos impróprios para consumo, observando se essas práticas são executadas de forma segura, padronizada e em conformidade com os padrões corporativos das franquias.

4.2.8. ESTADO DE CONSERVAÇÃO DE EQUIPAMENTOS, UTENSÍLIOS E ESTRUTURA FÍSICA

A conservação é avaliada por meio de inspeção visual e funcional dos equipamentos, utensílios e estruturas das franquias. O auditor verifica a integridade e o funcionamento adequado desses itens, bem como a ausência de trincas, ferrugem, orifícios, desgastes ou outros danos que possam comprometer a segurança dos alimentos ou a operação.

Adicionalmente, são analisados, quando existentes, os registros de manutenção preventiva e corretiva, assegurando a continuidade das atividades e a segurança operacional.

4.2.9. PRODUTOS QUÍMICOS APLICADOS NOS PROCESSOS DE HIGIENIZAÇÃO

Os produtos químicos de limpeza são avaliados quanto ao armazenamento adequado, à identificação correta, à validade, à segregação em relação aos alimentos e à diluição conforme as orientações do fabricante e os manuais das franquias. O auditor observa ainda se os colaboradores utilizam esses produtos de forma segura, com o uso apropriado de EPIs, como luvas, aventais e outros dispositivos de proteção previstos, em conformidade com os procedimentos estabelecidos.

4.2.10. PADRÕES DA MARCA

Além dos aspectos sanitários e operacionais, a auditoria nas franquias contempla itens relacionados à padronização da marca, ao marketing e à experiência do cliente, fundamentais para a manutenção da uniformidade da rede.

4.2.11. QUALIDADE

A qualidade é avaliada por meio da observação da padronização das preparações, da apresentação visual dos produtos, do cumprimento das receitas, do porcionamento adequado e da consistência dos itens ofertados, assegurando o alinhamento com os padrões definidos pelas franquias.

4.2.12. SERVIÇO

O serviço é avaliado a partir da observação do atendimento ao cliente, considerando postura, cordialidade, clareza na comunicação, agilidade, cumprimento dos *scripts* de atendimento e adequação da interação com o consumidor, conforme os padrões estabelecidos pelas franquias.

4.2.13. LIMPEZA E ORGANIZAÇÃO DO ATENDIMENTO

Avalia-se também a limpeza e a organização das áreas de atendimento, incluindo balcões, mesas, cadeiras, pisos, lixeiras, sanitários e áreas de circulação, verificando-se a frequência da limpeza, a conservação do ambiente e a conformidade com os padrões definidos pelas franquias.

4.2.14. VENDAS

A avaliação de vendas considera a correta aplicação das estratégias comerciais das franquias, abrangendo o uso adequado de materiais promocionais, o posicionamento dos produtos, a execução das campanhas vigentes e o alinhamento com as diretrizes de marketing corporativo.

4.2.15. DRIVE-THRU

Quando aplicável, o serviço de *drive-thru* é avaliado quanto ao fluxo operacional, ao tempo de atendimento, à organização da fila, à segurança, à comunicação com o cliente e à padronização do serviço, conforme os critérios definidos pelas franquias.

4.2.16. EXPERIÊNCIA DO CLIENTE

A experiência do cliente é avaliada de forma integrada, considerando o ambiente, o atendimento, o tempo de espera, o conforto, a comunicação visual, a organização e a percepção geral da unidade, assegurando a conformidade com a identidade e os valores das franquias.

4.2.17. MANUTENÇÃO E REPARO

A manutenção e os reparos são avaliados por meio da inspeção das condições estruturais, do funcionamento dos equipamentos, da conservação do mobiliário e da prontidão das franquias para a correção de falhas operacionais que possam comprometer a segurança dos alimentos ou a experiência do cliente.

4.2.18. ENCERRAMENTO DA AUDITORIA

No encerramento da auditoria, são apresentadas de forma detalhada todas as não conformidades identificadas durante a inspeção, bem como os pontos fortes observados. O auditor fornece uma avaliação geral do desempenho da unidade em relação aos critérios estabelecidos, destacando as áreas que necessitam de melhoria e reforçando as boas práticas já implementadas.

Todas as observações são formalmente registradas no relatório de auditoria, que é entregue ao responsável pela unidade. Ao final, esse responsável realiza a assinatura de ciência do relatório, confirmando o recebimento das informações e o conhecimento das ações corretivas que deverão ser executadas.

Esse processo assegura transparência, rastreabilidade e comprometimento com a melhoria contínua da qualidade e da segurança dos alimentos.

4.2.19. CLASSIFICAÇÃO DA AUDITORIA

Cada franquia possui uma nota mínima para aprovação, sendo a avaliação realizada segundo diferentes formatos de classificação, conforme definido pelo corporativo. As unidades podem ser classificadas por zonas — como zona de excelência, zona de qualidade, zona de atenção e zona crítica — ou por sistemas de certificação por estrelas, como uma, duas ou três estrelas. Esses modelos de classificação permitem padronizar a avaliação do cumprimento de normas e procedimentos, facilitando o monitoramento da qualidade do serviço e a identificação de oportunidades de melhoria.

4.2.20. AÇÃO CORRETIVA E PLANO DE AÇÃO

Quando identificadas não conformidades, são adotadas ações corretivas imediatas, de acordo com a natureza da ocorrência. Entre essas medidas incluem-se a higienização de áreas ou equipamentos, quando constatadas falhas nos procedimentos de limpeza; a manutenção ou o ajuste de equipamentos que não estejam atingindo as temperaturas adequadas; e o descarte ou a descaracterização de produtos não homologados, vencidos ou que apresentem qualquer irregularidade.

Essas ações são devidamente registradas e acompanhadas por meio de um plano de ação, assegurando a conformidade contínua com os padrões de qualidade e segurança estabelecidos pelas franquias.

5. CONCLUSÃO

A experiência relatada evidencia que as auditorias de qualidade e segurança dos alimentos em redes de fast food desempenham papel estratégico na garantia da conformidade operacional, da padronização dos processos e da segurança dos alimentos oferecidos ao consumidor.

A adequada formação do auditor, aliada ao uso de instrumentos padronizados e ao acompanhamento sistemático das ações corretivas, mostrou-se fundamental para a efetividade das auditorias e para a promoção da melhoria contínua. Conclui-se que a auditoria em franquias de fast food vai além da verificação documental, configurando-se

como ferramenta essencial para o aprimoramento das operações e para a proteção da saúde pública.

REFERÊNCIAS

[1] BRASIL. Ministério da Saúde. **Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar (DTHA).** Brasília, DF: Ministério da Saúde, [s.d.]. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/d/dtha. Acesso em: 25 jan. 2026.

[2] BRASIL. **Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 216, de 15 de setembro de 2004.** Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 15 set. 2004. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2004/res0216_15_09_2004.html. Acesso em: 25 jan. 2026.

[3] GONÇALVES, Beatriz Nascimento; OLIVEIRA, Ana Cláudia Luz Rodrigues; PINTO, Emanuel Vieira. Os hábitos de consumo de fast-food no Brasil (2020-2024): impactos da pandemia. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação (REASE)**, São Paulo, v. 11, n. 12, p. 5946-5961, dez. 2025. DOI: https://doi.org/10.51891/rease.v11i12.23060. Disponível em: https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/23060/14721. Acesso em: 25 jan. 2026.

[4] MURRAY, Patrick R.; ROSENTHAL, Ken S.; PFALLER, Michael A. **Microbiologia médica.** 7. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

[5] OLIVEIRA, Silvio Luiz de. **Doenças transmitidas por alimentos:** prevenção e controle. São Paulo: Atheneu, 2010.

[6] PRADO, Luiza Aguiar; SANTOS, Renayra Alves dos; CARVALHO, Luiza Marly Freitas de. Análise da composição nutricional de sanduíches e disponibilidade urbana de redes *fast foods* no município Teresina-PI. **Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento**, São Paulo, v. 12, n. 69, p.38-46, jan./fev. 2018. Disponível em: https://www.rbone.com.br/index.php/rbone/article/view/649/506. Acesso em: 25 jan. 2026.

[7] SANTANA, A. G.; COSTA, M. L. G. da; SHINOHARA, N. K. S. Alimentação em tempos de pandemia do Coronavírus: a ressignificação de uma prática cotidiana e dietética. **Research, Society and Development,** *[S.l.],* v. 10, n. 3, p. 1-13, 2021.

[8] SANTOS, Sérgio Gomes dos. **Percepção da qualidade pelos clientes em uma empresa de fast food:** um estudo sobre a rede Giraffas de Araguaína – TO. 2016. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Logística) – Universidade Federal do Tocantins, Araguaína, 2016. Disponível em: https://repositorio.uft.edu.br/bitstream/11612/1847/1/S%C3%89RGIO%20GOMES%20DOS%20SANTOS%20-%20TCC%20-%20LOG%C3%8DSTICA.pdf. Acesso em: 25 jan. 2026.

Capítulo 11

Impacto sanitário do controle de qualidade no processo de fabricação do gelo: uma revisão da literatura

Erika Cristina Lourenço de Oliveira
Uliana Karina Lopes de Medeiros

Resumo: O gelo por ser considerado água em estado sólido, deve seguir os mesmos padrões de potabilidade da água destinada ao consumo humano (Brasil 1990; Brasil, 2005; Brasil, 2017). Utilizado tanto para o consumo direto em bebidas quanto na conservação de alimentos perecíveis, como o pescado, na conservação, sua principal função é aumentar o tempo de prateleira e retardar o desenvolvimento microbiano (Mazivila, 2017). No entanto, muitas vezes subestimarmos esse tipo de alimento como uma fonte de contaminação e acabamos negligenciando os padrões e o uso das Boas Práticas de Fabricação (BPF) e manipulação, mas ele pode, sim, trazer riscos significativos à saúde. Este estudo consiste em uma revisão da literatura, com o objetivo de analisar criticamente a qualidade do gelo, destinado ao consumo humano e à conservação de alimentos, a luz da legislação vigente no Brasil. Foram analisados 31 documentos entre normativos, notícias e artigos publicados no período de 1990 até 2023, abrangendo estudos nacionais e internacionais. Os resultados evidenciam que a problemática não é concentrada em uma determinada região e que a alta taxa de não conformidade microbiológica e físico-química é generalizada. Destaca-se a presença recorrente de Coliformes Totais e Termotolerantes, além da detecção de Escherichia coli em altas contagens em algumas amostras, a ausência de Cloro Residual Livre (CRL), somada à identificação de sujidades macroscópicas mostra as falhas críticas nas BPF e manipulação. A contaminação ocasionada de forma direta ou indireta compromete a qualidade dos alimentos conservados e representa um grande risco de vetor das Doenças Transmitidas por Alimentos (DTA) (Mendes, 2009). Conclui-se que a intensificação da fiscalização e a revisão constante da legislação são medidas necessárias para deixar o consumo do gelo mais seguro e proteger a saúde pública (Brasil, 2004; INMETRO, 2015).

Palavras-chave: gelo, controle de qualidade, boas práticas de fabricação.

1. INTRODUÇÃO

O gelo é muito utilizado na cadeia produtiva de alimentos seja como meio de conservação, em contato direto com produtos embalados ou em alimentos in natura, como o pescado, na refrigeração, agindo na manutenção da temperatura ou até mesmo no consumo direto com nas bebidas. O consumo do gelo é alto e aumenta significativamente durante o período do verão, seja pela população quanto pela indústria de alimentos (Mendes, 2009). Embora ele seja um produto de fabricação simples e relativamente de baixo custo, o gelo é classificado como alimento (BRASIL, 2005; Mazivila, 2017), uma vez que ele é o resultado da solidificação da água potável. Dessa forma, a sua produção e manipulação devem obedecer aos mesmos critérios higiênico-sanitários aplicados a outros alimentos (Mazivila, 2017; Mendes, 2009).

No contexto da conservação de alimentos in natura, destaca-se o uso principalmente no pescado, considerado altamente perecível devido às suas características fisiológicas e bioquímicas (Ogawa; Maia, 1999). Por esse motivo, esse produto exige métodos de conservação imediatos, sendo o gelo um dos meios mais empregados, visto que ele mantém as propriedades iniciais do pescado e prolonga o seu tempo de prateleira retardar o desenvolvimento microbiano (Mazivila, 2017; Baldin, 2016). O gelo atua retardando processos de autólise e o desenvolvimento bacteriano, contribuindo diretamente para a preservação da qualidade e da segurança do alimento (Duarte et al., 2023).

Durante a produção de alimentos e preparos de bebidas, a atenção durante costuma recair sobre os ingredientes e processos principais, relegando a segundo plano elementos indiretos, que podem entrar no processo apenas como mantenedor da temperatura como o gelo. Apesar de pouco associado ao risco sanitário, o gelo representa um potencial fonte de microrganismos patogênicos, riscos físicos e vetor de DTA quando produzidos, armazenados ou manipulados inadequadamente. A relevância desta revisão decorre do impacto sanitário associado ao consumo de gelo contaminado. Embora as baixas temperaturas reduzam ou interrompam a atividade metabólica dos microrganismos (Mendes, 2009), não são capazes de eliminá-los totalmente (Ferreira et al., 2014; Senhorinho; Carvalho, 2017). Assim, mesmo sem possibilitar multiplicação bacteriana, o gelo contaminado pode atuar como vetor de microrganismos e ainda apresentar materiais estranhos, como insetos, fragmentos diversos ou partículas minerais (Vieira, 2004 Carvalho e Oliveira,2018).

No Brasil a produção de gelo para consumo humano deve seguir os requisitos da Resolução RDC nº 274, de 2005, que estabelece e regulamenta técnicas para Águas Envasadas e Gelo (Brasil, 2005). Alguns estudos mostram evidências de que diversos patógenos consegue sobreviver ao congelamento, onde ficam em seu estado latente e recuperam viabilidade de contaminação após o descongelamento, vindo a contaminar alimentos e bebidas (Ferreira et al., 2014; Lateef et al., 2006; Falcão et al., 2004; Mendes, 2009). Dessa forma, a importância de uma fiscalização e regulamentação mais rigorosa na produção e manipulação do gelo, visto que ele constitui um fator de risco para a saúde do consumidor (Falcão et al., 2002; Souza et al., 2018). Entre os agentes mais comuns associados à contaminação destacam-se Escherichia coli, Salmonella spp. e vírus como o norovírus, reconhecido por seu elevado potencial de transmissibilidade.

Como o gelo usado na conservação ou preparo de alimentos muitas vezes não tem uma boa qualidade microbiológica, é essencial avaliar os riscos do seu uso e identificar onde estão as falhas nos processos de produção e controle. Além disso, notamos que nos

últimos cinco anos, faltam na literatura estudos/revisões completas sobre a qualidade sanitária do gelo destinado a alimentos.

Embora a maioria dos estudos analisados nesta revisão sejam nacionais, optou-se por incluir um estudo internacional, cuja análise foi realizada segundo os parâmetros da legislação sanitária brasileira. Essa escolha justifica-se pelo fato de que os parâmetros legais nacionais foram os referencias normativos adotados nos demais estudos analisados, além de permitir demonstrar que as fragilidades relacionadas à qualidade higiênico-sanitária do gelo não se restringem à produção brasileira, mas também se manifestam em contextos internacionais.

Este estudo trata de uma revisão narrativa da literatura, com abordagem qualitativa das literaturas nacionais e internacionais, com intuito de entender o estado atual do controle de qualidade do gelo. Diante desse cenário, este estudo busca responder à seguinte questão: como a literatura científica caracteriza a qualidade higiênico-sanitária do gelo utilizado para consumo humano e conservação de alimentos? Para tanto, faz-se necessário observar nos artigos estudados: (i) analisar a frequência da contaminação microbiológica no gelo; (ii) identificar as principais fontes de contaminação e as falhas de controle e (iii) possíveis pontos de melhorias.

2. METODOLOGIA

Por se tratar de uma narrativa da literatura sobre o controle da qualidade do gelo utilizado em alimentos e bebidas. A metodologia adotada é apresentada de forma sintética, conforme preconizado para artigos de revisão. Foram realizadas buscas bibliográficas no período contemplado de agosto a setembro de 2025, utilizando publicações disponíveis nas bases de dados SciELO, Google Scholar, ScienceDirect e PubMed. Durante a pesquisa foram utilizadas palavras chaves como: “qualidade do gelo”, “gelo para alimentos”, “gelo e segurança microbiológica”, “gelo e pescado”, “gelo e bebidas”, “padrões de potabilidade” e suas correspondentes em inglês.

Durante a pesquisa foram encontrados artigos científicos, manuais técnicos, legislações e documentos institucionais que abordavam aspectos microbiológicos, físico-químicos e regulamentares do gelo, bem como suas aplicações em diferentes matrizes alimentares, com foco especial de sua utilização no pescado, tendo em vista que esse alimento é altamente perecível e que depende de refrigeração para sua boa conservação. Foram excluídos materiais duplicados ou que o conteúdo analisado, estivesse em mais de uma fonte de pesquisa, documentos sem acesso na integra e estudos que não apresentassem relação direta com o controle e avaliação da qualidade do gelo.

A seleção dos documentos ocorreu em quatro etapas: (1) leitura de títulos; (2) leitura de resumos; (3) verificação dos critérios de elegibilidade; e (4) leitura integral dos textos selecionados. As informações extraídas foram organizadas de acordo com as características do gelo, riscos associados ao uso do gelo, métodos de produção, parâmetros de qualidade e exigências legais.

3. REVISÃO DA LITERATRA

Por ser composto em sua totalidade por água, o gelo é considerado um alimento (Brasil, 2005; Mendes, 2009). Essa classificação dada a ele, implica que, ao ser utilizado em contato direto com outros alimentos (como no resfriamento de bebidas ou o

congelamento de produtos in natura) ele deve obrigatoriamente seguir o padrão de qualidade e deve ser preparado a partir de água cujos parâmetros microbiológicos, químicos e radioativos atendam aos padrões de potabilidade para consumo humano (Brasil, 2005; Brasil, 2011).

O gelo é um excelente meio para manter o frescor do peixe e de outros alimentos, visto que atrasa a multiplicação das bactérias e consequentemente a deterioração natural do produto (Mazivila, 2017; Scherer et al., 2004). No entanto é importante saber que, mesmo em baixas temperaturas, o processo de congelamento/resfriamento não destrói os microrganismos contaminantes. A temperatura baixa apenas retarda a multiplicação e atividades desses seres. Eles permanecendo vivos (viáveis) em seu estado latente e, quando o gelo começa a derreter (processo de fusão), esses microrganismos que estavam "adormecidos", recuperam sua atividade e podem contaminar alimentos e bebidas (Baldin, 2016; Giampietro; Rezende-Lago, 2009; Mazivila, 2017).

Além disso, o gelo contaminado é um potencial veículo de transmissão de doenças infecciosas (Mendes, 2009). Historicamente surtos de cólera que ocorreu no Peru (Falcão et al., 2002; Ries et al., 1992, citado por Falcão et al., 2002) e de hepatite A na Tailândia estavam associados ao consumo de gelo contaminado (FEHD, 2005 apud Souza et al., 2018).

3.1. QUALIDADE MICROBIOLOGICA

A contaminação microbiológica do gelo normalmente está associada ao uso de água contaminada. No entanto, muitas vezes o verdadeiro foco da contaminação está ligado a equipamentos e utensílios mal higienizados ou até mesmo a práticas inadequadas de quem manipula os produtos (Mendes, 2009; Lateef et al., 2006; Batista; Alves, 2011).

Por essa razão, a avaliação microbiológica é crucial para a segurança do gelo, precisando ser feita tanto na matéria-prima quanto no produto afim de identificar falhas no processo de produção.

3.1.1. COLIFORMES TOTAIS E TERMOTOLERANTES

Entre os parâmetros microbiológicos mais importantes, para garantir a potabilidade da água destinada ao consumo humano no Brasil, estão os coliformes, sendo esses os totais e os termotolerantes. Para os coliformes totais, a legislação permite a sua presença em até 5% das amostras mensais coletadas, seja no sistema de distribuição (SAA e SAC) ou nos pontos de consumo. Já para os coliformes termotolerantes a exigência é muito mais rígida: devendo haver ausência total (zero NMP/100 mL ou zero UFC/100 mL) em qualquer amostra de água, (Brasil, 2011; Brasil, 2021).

A flexibilização na legislação para os limites referente aos coliformes totais, deve-se ao fato de que podem existir pequenas ocorrências durante o processo produtivo sem, necessariamente, representar riscos à saúde. Importante salientar que essas intercorrências não sejam frequentes ou associadas a falhas no sistema.

Nesse contexto a detecção de coliformes totais e termotolerantes nas amostras analisadas, constitui um forte indicador de não conformidade e/ou falhas higiênicas durante o processamento, manipulação ou armazenamento (Batista; Alves, 2011; Vieira; Souza; Patel, 1997).

Os estudos analisados, demostrou elevada prevalência desses microrganismos. De acordo com Giampietro; Rezende-Lago, 2009 e Baldin, 2016, 96,7% das amostras gelo analisado da cidade de Ribeirão Preto (SP), que eram utilizados em pescado, apresentaram Coliformes Totais e 73,3% Coliformes Termotolerantes. Já em Belém (PA), Penha et al., 2020, verificou que 100% das amostras analisadas estavam fora dos padrões legais de potabilidade e na cidade de Santos (SP), 81,8% das amostras testadas foram consideradas impróprias devido à presença de coliformes quando verificados a 35 °C, bem como a detecção da presença de microrganismos termotolerantes (Souza et al., 2018).

Em Campo Mourão (PR), De Paula, 2017, verificou que a maioria das amostras estudadas apresentou conformidade para coliformes termotolerantes (enquanto estudos em Campina Grande (PB) e no Recôncavo Baiano identificaram elevados índices de contaminação (Barreto et al., 2008; Ferreira, 2010; De Paula, 2017).

Massareto et al. (2020), em um cenário diferente, analisaram amostras de gelo em cubos comercializadas em Campo Mourão (PR) e identificaram a presença de coliformes totais em baixa concentração (1,1 NMP/100 mL) e em uma das 12 amostras, não sendo constatada a presença de coliformes termotolerantes. Esses resultados indicam que a água utilizada na fabricação do gelo apresentava condições adequadas de potabilidade e que os processos de produção e manipulação adotados foram suficientes para assegurar a qualidade microbiológica do produto, em conformidade com a RDC nº 274/2005.

3.1.2. ESCHERICHIA COLI

A análise de Escherichia coli, de acordo com Brasil (2011) e Brasil (2021) é um dos parâmetros microbiológicos mais importantes, que visa garantir a potabilidade da água destinada ao consumo humano no Brasil. De acordo com a legislação, deverá haver ausência total desses microrganismos.

Em análise microbiológica, a presença de E. coli é um alerta importantíssimo de contaminação fecal (Siqueira et al., 2007), visto que essa bactéria é encontrada em trato gastrointestinal de humanos e animais (homeotérmicos), ou seja, não devendo estar presente de forma alguma em produtos alimentícios.

Sua detecção é um sinal claro de falhas no tratamento da água, infiltração de efluentes, manejo incorreto de lixo ou práticas de manipulação inadequadas durante a produção, transporte ou armazenamento.

A presença de E. Coli serve como alerta de que outros patógenos presentes no trato gastrointestinal podem estar sendo veiculação no alimento (Baldin, 2016; Lateef et al., 2006), dentre eles podem estar inclusos vírus, protozoários e bactérias causadores de surtos alimentares, o que representa alto risco para a saúde pública.

Infelizmente alguns artigos analisados, a recorrência deste problema é evidente. Em Quelimane (Moçambique), 41,7% das amostras de gelo para pescado apresentaram E. coli (Mazivila, 2017); em Maceió (AL), a contaminação foi encontrada em 100% das amostras analisadas (Souza et al., 2018).

Resultados positivos também foram registrados em Juazeiro do Norte (CE) (FERREIRA et al., 2016) e em Itabuna (BA), onde 11,1% das amostras estavam impróprias para consumo devido à presença dessa bactéria (Senhorinho; Carvalho, 2017).

3.1.3. MICROORGANISMOS HETEROTRÓFICOS MESÓFILOS E PSICROTRÓFICOS

A contagem de microrganismos heterotróficos mesófilos e psicrotróficos são indicadores sensíveis das condições higiênico-sanitárias durante a produção, manipulação e armazenamento do gelo (Mazivila, 2017).

O limite normativo para os microrganismos heterotróficos no Brasil referente a água potável de consumo humano é de 500 Unidades Formadoras de Colônia por mililitro (UFC/mL) Brasil, 2011; Brasil, 2021.

Conforme Duarte et al. (2022), em Rio Branco (AC), 60% das amostras apresentaram valores acima do limite legal de $5{,}0 \times 10^2$ UFC/mL para microrganismos mesófilos. Em Ribeirão Preto (SP), segundo Baldin (2016), microrganismos psicrotróficos foram detectados em 71,03% das amostras, onde muitas apresentaram elevadas contagens. No estudo de Mazivila (2017), se verificou que em Quelimane (Moçambique), níveis elevados de mesófilos e psicrotróficos, chegaram a $23{,}11 \times 10^2$ UFC/mL sendo a sua causa atribuída às deficiências higiênicas no processo produtivo.

A detecção desses microrganismos nos alimentos é particularmente relevante por participarem ativamente da deterioração de alimentos refrigerados, incluindo pescado, podendo reduzir sua vida útil e comprometer sua qualidade (Jay, 2005; Baldin, 2016).

3.1.4. PATÓGENOS E OUTROS INDICADORES

A presença de microrganismos/agentes patógenos, encontrados quando analisados amostras de gelo, evidenciam falhas graves no controle sanitário. A portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021 do Ministério da Saúde, abordam alguns outros agentes, como cianobactérias e cianotoxinas, Rotavírus, Salmonella, Cryptosporidium spp., e Vibrio cholerae. Brasil (2021).

Baldin (2016) e Mazivila (2017), relataram que as amostras de gelo analisadas na cidade de Ribeirão preto e em Quelimane (Moçambique), respectivamente, apresentaram Staphylococcus aureus, microrganismo associado a práticas inadequadas de higiene pessoal e à manutenção deficiente da temperatura. Embora Salmonella spp. não tenham sido detectada nas amostras do estudo apresentado por de Baldin (2016), De Paula (2017) registrou sua ocorrência em amostras analisada na cidade de Cuiabá-MT, destacando a variabilidade das condições higiênico-sanitárias entre regiões.

Outro organismo relevante e que merece atenção nas análises é a Aeromonas hydrophila, considerado patógeno emergente e estão associados diretamente à deterioração de pescado. De acordo com Lanzarin et al. (2011) apud Ferreira et al. (2014), esse organismo foi encontrado em algumas amostras, onde foram isolados de pescado mantido sob gelo, indicando que o gelo contaminado pode atuar como veículo de transmissão de microrganismos deterioradores e patogênicos.

3.2. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Parâmetros físico-químicos como turbidez, cor, pH, cloro residual e a presença de substâncias químicas potencialmente tóxicas, precisam ser monitorados para assegurar que o gelo produzido não altere características sensoriais nem represente riscos à saúde.

Diante disso a água utilizada como matéria-prima para a sua fabricação deve atender rigorosamente padrões de potabilidade (Brasil, 2011). A conformidade desses requisitos

é fundamental, pois variações na qualidade da água comprometem a integridade do gelo e sua aplicação em alimentos, tais como bebidas e, especialmente, em produtos altamente perecíveis, como o pescado.

3.2.1. CLORO RESIDUAL LIVRE (CRL)

O Cloro residual medido na água corresponde a quantidade de cloro que permanece após a desinfecção. Conforme Brasil (2011) e Brasil (2021), os níveis ideias no brasil estão entre 0,2 mg/L e 5,0 mg/L e é essencial para manter a água segura e livre de microrganismos patogênicos.

O cloro pode ser encontrado livre (ativo, matando germes) ou combinado (cloraminas, formadas com amônia). O seu monitoramento pode ser feito através da análise colorimétrica fazendo uso de reagentes como DPD. Valores muito baixos podem indicar risco de contaminação e níveis alto pode cause cheiro, gosto e irritação. Dessa forma, a presença de CRL livre adequada é fundamental para garantir a qualidade microbiológica da água usada na produção de gelo.

Entretanto, o que se observou na literatura é que esse parâmetro frequentemente não é atendido. Em Rio Branco (AC) e Ribeirão Preto (SP), entre 93,33% e 96,67% das amostras de gelo destinadas ao acondicionamento de pescado apresentaram ausência de cloro residual ou valores abaixo do mínimo de acordo com Duarte et al. (2022); Giampietro; Rezende- Lago (2009).

Com destacado por Carvalho; Oliveira (2018), a ausência de CRL tende a comprometer a capacidade de inibir o crescimento microbiano e pode indicar falhas na etapa de cloração, no manejo da água, nas condições de armazenamento do gelo ou até mesmo o negligenciamento total dessa etapa do processo.

3.2.2. pH

O limite normativo de PH para a potabilidade da água no Brasi, segundo Brasil (2021), está na faixa de 6 a 9,5, estando essa faixa de neutro par alcalino.

É importante que a água estando nessa faixa de pH, não só para a saúde, mas também para garantir a eficiência dos processos de desinfecção e prevenir corrosão ou incrustação nas tubulações do sistema de abastecimento, embora a água com pH fora dessa faixa não necessariamente seja um risco agudo, para a saúde.

Em grande parte dos estudos analisados, esse parâmetro permaneceu dentro dos limites estabelecidos (De Paula, 2017; Duarte et al., 2022). Contudo, em Ribeirão Preto (SP), algumas amostras apresentaram valores fora do padrão normativo (Giampietro; Rezende-Lago, 2009).

Alterações no pH podem favorecer a multiplicação de determinados microrganismos, além de indicar possíveis interferências químicas ou falhas no tratamento da água utilizada na fabricação do gelo.

3.2.3. TURBIDEZ E MATÉRIAS MACROSCÓPICAS

A turbidez é um parâmetro que reflete a presença de partículas em suspensão O padrão de potabilidade brasileiro estabelece limites específicos que variam ligeiramente

dependendo do ponto de amostragem no sistema de abastecimento de água.

Na Saída do tratamento o valor máximo permitido (VMP) é de **0,5 NTU** em 95% das amostras mensais, e tendo como o valor máximo absoluto permitido **1,0 NTU**. Já na rede de distribuição (incluindo reservatório e pontos de consumo), a deve permanecer abaixo de 5,0 UT (Brasil, 2011). Já para matérias macroscópicas, essa mesma legislação determina a sua ausência, pois a água deve ser límpida e isenta de quaisquer materiais visíveis.

Nas análises realizadas por De Paula (2017), em Cuiabá (MT), a turbidez foi o único parâmetro físico-químico em desconformidade nas amostras de gelo. Além disso, a presença de matérias macroscópicas, como fragmentos de plástico, fiapos e insetos, foi relatada em 50% das amostras avaliadas em Teresina (PI), tornando o gelo impróprio para consumo, ainda que microbiologicamente estivesse em conformidade (Carvalho; Oliveira, 2018; Brasil, 2005). Esses achados indicam deficiências no ambiente de produção, armazenamento ou transporte, revelando riscos sanitários decorrentes da contaminação física.

3.3. CONTAMINATES

Ao contaminantes que podem comprometer a potabilidade da água pode ser categorizada em três: biológicos, químicos e físicos. A presença desses contaminantes pode levar a causar de doenças graves, como cólera, febre tifoide e hepatite A.

Contaminantes biológicos geralmente proveniente de lançamento de esgotos domésticos e resíduos sem tratamento adequado no corpo hídrico, estão incluem bactérias, vírus e protozoários (Souza et al., 2018; Falcão et al., 2002).

Contaminante químico são substâncias químicas tóxicas provenientes de atividades industriais, agrícolas e domésticas, podendo esses contaminantes serem naturais ou artificiais.

Contaminante físico está ligado a presença de sólidos suspensos, sedimentos e materiais particulados que afetam as propriedades físicas da água.

Em Juazeiro do Norte (CE), análises parasitológicas detectaram Giardia lamblia em duas amostras de gelo e Cryptosporidium spp. Mostrando indicação de contaminação fecal (Ferreira et al., 2014).

Os oocistos de Cryptosporidium spp. São uma forma resistente do protozoário parasita que causa a criptosporidiose; eles são resistentes a métodos de tratamento como a cloração (Lima; Stamford, 2003).

Os micro-organismos como Enterococos, Pseudomonas aeruginosa e Clostridium perfringens também foram detectados em amostras de gelo para consumo, sugerindo que a legislação focada apenas em E. coli pode não ser suficiente para garantir a segurança microbiológica do produto (INMETRO, 2015; Candeias, 2014).

Esses achados reforçam a necessidade de revisão dos parâmetros microbiológicos aplicados à água e consequentemente ao gelo destinado ao consumo humano, bem como de práticas mais rigorosas de monitoramento e controle ao longo do processo produtivo.

3.4. DIFERENÇA ENTRE GELO PARA CONSUMO E GELO PARA REFRIGERAÇÃO

A principal diferença entre o gelo para consumo humano e o gelo de refrigeração encontra-se na qualidade da água a ser utilizada e no rigoroso processo de higiene e normas sanitárias adotadas. Isso se deve ao fato de que o gelo para refrigeração geralmente é utilizado em produtos embalados, ou seja, não estão em contato direto com o produto in natura, diferentemente do que acontece com o pescado, que normalmente fica em contato direto com o gelo, dessa forma para esse tipo de refrigeração, o gelo a ser fabricado para essa finalidade, deve seguir o grau de potabilidade para o gelo de consumo humano

O gelo para consumo direto (cubos) é usado em bebidas sendo observado que, a contaminação geralmente ocorre durante a dispensação ou devido à falta de higiene nas máquinas de gelo e nos utensílios (Batista; Alves, 2011; Mendes, 2009).

O gelo para refrigeração (escamas ou triturado), essencial para manter a conservação de alimentos como o pescado (Mazivila, 2017), muitas vezes é contaminado por práticas inadequadas de manuseio e acondicionamento nos mercados (Mazivila, 2017). A péssima qualidade do gelo de refrigeração tende a afeta diretamente o alimento ao entrar em contato com ele (Mazivila, 2017).

Estudos sugerem que o gelo produzido localmente em bares/restaurantes ou o gelo não envasado e mal acondicionado, são mais suscetíveis à contaminação ambiental ou decorrente de manipulação inadequada do gelo. Por outro lado, o gelo industrial embalado logo após a sua fabricação, costuma apresentar menor risco, embora as amostras de gelo embalado possam contaminar-se ao serem recolhidas no varejo (FEHD, 2005 apud Souza et al., 2018; Nichols et al., 2000; Mendes, 2009).

3.5. PROCESSOS PRODUTIVOS E BOAS PRÁTICAS DE FABRICAÇÃO (BPF)

Um produto alimentício considerado seguro para o consumo, precisa que em todas as etapas de sua fabricação, as BPF estejam presentes, englobando diferentes frentes de cuidado. Quanto a higiene pessoal e saúde dos colaboradores, esses devem estar com a sua em dia além de seguirem normas quanto a suas vestimentas e uso de adornos. Depois, há a higiene das instalações e equipamentos, que precisam ser feitos de materiais sanitários e passar por limpeza e sanitização frequentes.

Outro ponto essencial é o controle de qualidade, onde inclui análises periódicas da água e do produto (o gelo), garantindo a ausência de contaminantes. Além disso, a fábrica deve manter um manual de BPF, detalhando todo o processo de operação, desde a escolha dos fornecedores até o descarte dos insumos reprovados.

As BPF também envolvem o gerenciamento de resíduos e pragas, prevenindo que esses fatores se tornem fontes de contaminação. O treinamento contínuo da equipe é uma das etapas indispensável, visto que reforçando procedimentos e a importância de cada etapa para a segurança do alimento.

A implementação correta dessas práticas é o que assegura a produção de gelo realmente seguro, protegendo a saúde do consumidor e atendendo à legislação vigente (RIO, 2004; Germano; Germano, 2001).

Quando essas boas práticas não são aplicadas de forma adequada, diferentes tipos de contaminação podem ocorrer ao longo da produção do gelo. O controle da matéria-prima é essencial, visto que sem um controle sistemático da qualidade da água, toda a

cadeia produtiva fica comprometida. O uso de água não potável, como o uso direto de água de poço, por exemplo, aumenta o risco de presença de microrganismos patogênicos e substâncias indesejáveis (Mazivila, 2017; Baldin, 2016).

A falta de higienização adequada nos equipamentos e utensílios, como máquinas de gelo, trituradores e recipientes, favorecem a formação de biofilmes (Mazivila, 2017; Batista; Alves, 2011; Nichols et al., 2000; Mendes, 2009) que são "crostas" ou "limos" microbianos formado na superfície dos equipamentos por bactérias, formando uma barreira protetória. Esses biofilmes dificultam a higienização, servindo de reservatório para microrganismos patógenos como Salmonella e Listeria, podem liberar células para o gelo produzido.

A manipulação realizada de forma inadequada, como a manipulação do gelo com as mãos, sem luvas ou sem higiene adequada, é um fator crítico de contaminação (Santos et al., 2015; Souza et al., 2018). A ausência de treinamento contínuo, pode propiciar o contato desse manipulador com superfícies sujas, com resíduos e o gelo de forma simultânea ou em sequência o que aumentam o risco de contaminação cruzada (Mazivila, 2017; Silva et al., 2019; Batista, 2016; Nascimento et al., 2000 apud Mazivila, 2017; Fagundes et al., 2015 apud Duarte et al., 2023).

O armazenamento e transporte adequado é uma etapa crucial no processo, tendo em vista que o não correto armazenamento, como o uso de embalagens danificadas, recipientes sujos ou gelo acondicionado sem proteção, facilita a entrada de sujidades, insetos e microrganismos ambientais (Senhorinho; Carvalho, 2017; Alves et al., 2013; Mazivila, 2017). Em alguns casos, práticas inadequadas, como fragmentar gelo com ferro enferrujado, têm sido observadas (Mazivila, 2017). No transporte, falhas como contato com superfícies contaminadas e exposição prolongada também podem comprometer o produto.

3.6. IMPACTO NA SAUDE PUBLICA

O gelo contaminado representa um sério risco à saúde pública, pois é um vetor de DTA (Souza et al., 2018), visto que é um transmissor de doenças de veiculação hídrica, como cólera, hepatite A, giardíase e infecções por Salmonella.

A contaminação fecal, indicada por E. coli (Souza et al., 2018), expõe os consumidores a gastroenterites e outras doenças (Siqueira et al., 2007; Mazivila, 2017).

Água de má qualidade pode levar a 80% das doenças e a mais de um terço das mortes em países em desenvolvimento (Galal-Gorchev, 1996 apud Baldin, 2016). Contudo, a ausência ou falhas da aplicação das BPF e ausência de fiscalização potencializa os riscos (Souza et al., 2018).

4. ANÁLISE COMPARATIVA E DISCUSSÃO

Os resultados observados, evidenciam um padrão recorrente na literatura estudada, sendo a contaminação por Coliformes Totais e Termotolerantes, a conformidade mais apresentada nas diversas localidades brasileiras e na pesquisa internacional encontradas (Giampietro; Rezende-Lago, 2009; Souza et al., 2018; Mazivila, 2017; Noor Izani et al., 2012).

A gravidade desse cenário pode ser mais bem ilustrada pelo estudo de Souza et al (2018),

realizado em Maceió (AL), que presentou dados alarmantes, onde 100% das amostras analisadas apresentarem informações de que o produto estava impróprio para consumo.

O mais interessante são as significativas divergências regionais encontras nos estudos. Enquanto um estudo realizado em Campo Mourão (PR) encontrou conformidade microbiológica total com a legislação para coliformes termotolerantes (De Paula, 2017), outros estudos detectaram altos índices de contaminação fecal (E. coli) (Souza et al., 2018; Mazivila, 2017). Essa disparidade reforça que a qualidade do produto analisado está ligada a eficácia dos sistemas de BPF e controle de qualidade locais (Nichols et al., 2000).

Outro ponto importante é a divergência observada em um mesmo estudo. O INMETRO (2015) apontou que 100% das amostras avaliadas estavam em conformidade com o parâmetro legal para o patógeno E. coli. No entanto, o próprio órgão detectou, de forma qualitativa informativa, a presença de outros microrganismos patogênicos (INMETRO, 2015) que não tinham limites legais estabelecidos pela legislação vigente.

A partir dessa análise comparativa, torna-se possível aprofundar as discussões críticas sobre as implicações sanitárias e os fatores determinantes da contaminação.

Sob a perspectiva sanitária, esses resultados apresentados indicam qe o gelo atua como potencial elo de falha na segurança alimentar, especialmente considerando que muitas vezes ele é usado diretamente em produto in natura, a recorrência de não conformidade microbiológica, acaba se tornando um problema sanitário crônico (Lateef et al., 2006). Quando as análises apontam a presença generalizada de coliformes totais e termotolerantes, isso indica que a contaminação daquele alimento teve origem fecal (Giampietro; Rezende-Lago, 2009; Mazivila, 2017).

Nos estudos analisados, observa-se que a contaminação não se restringe á matéria-prima estendendo-se a diferentes etapas do processo produtivo.

No estudo que foi realizado por Souza et al. (2018), na cidade de Maceió, 100% das amostras das fábricas analisadas apresentaram E. coli e coliformes, sugerindo uma falha crítica na produção ou a água utilizada já estava contaminada.

Além das falhas na etapa da produção, a comparação entre os estudos de Nichols et al. (2000), mostrou que, mesmo o gelo industrial estado dentro das conformidades na fábrica, ele pode sofrer contaminado no processo de venda, varejo, devido ao manuseio, transporte e armazenamento inadequados (Nichols et al., 2000; Mazivila, 2017). Essa hipótese é reforço pela detecção de S. aureus (Baldin, 2016; Albuquerque et al., 2006 apud Baldin, 2016) e Enterococos (Mazivila, 2017; Candeias, 2014; INMETRO, 2015), que são microrganismos associados à contaminação por dejetos humanos e higiene deficiente (Mazivila, 2017; Evangelista-Barreto; Vieira, 2003 apud Baldin, 2016).

A ausência do CRL em quase todas as amostras de gelo de conservação analisados por Duarte et al., 2022, Giampietro e Rezende-Lago, 2009 é alarmante, pois o cloro atua como uma barreira de desinfecção essencial (Brasil, 2011). Mesmo que nas amostras o CRL esteja abaixo dos padrões ideais, o gelo clorado pode ser efetivo na redução de microrganismos mesófilos e psicotrópicos no pescado (Scherer et al., 2004).

Associado a ausência ou inadequação do CRL, o não cumprimento de parâmetros como turbidez excessiva e presença de sujidades macroscópica demonstra a fragilidade que o alimento possui em seu controle de qualidade, nas diversas esferas, sejam ela físico-química, microbiológica e macroscópica, (De Paula, 2017 e Carvalho; Oliveira, 2018).

O relatório apresentado pelo INMETRO (2015) destacou algo muito assustador tendo em vista que a conformidade do produto em virtude da ausência de E. coli não garante a ausência de outros patógenos potencialmente perigosos, como P. aeruginosa ou Clostridium perfringens destacando a necessidade de revisão da legislação, (INMETRO, 2015; Candeias, 2014).

Esses achados evidenciam que a legislação atual (Brasil, 2011; Brasil, 2004), ao focar em padrões mínimos da matéria-prima, torna-se insuficiente, frente aos riscos associados à manipulação pós-produção (Mendes, 2009; Wilson et al., 1997 apud Mendes, 2009).

Diante desse cenário a melhoria da qualidade do gelo depende não só da matéria-prima, mas também da adesão estrita às BPF (Mendes, 2009), treinamento eficaz dos manipuladores e fiscalização mais rigorosa das condições de higiene, especialmente na limpeza de equipamentos (máquinas de gelo, pás) e no controle da água (Mendes, 2009; Mazivila, 2017, Duarte et al., 2023; Souza et al., 2018.

5. CONCLUSÃO

Diante do estudo analisados, evidencia-se que o gelo, apesar do seu papel vital na conservação do produto, seja ele utilizado para consumo direto quanto para refrigeração de alimentos, constitui um ponto crítico de contaminação quando os cuidados sanitários não são devidamente observados. A alta incidência de coliformes totais e termotolerantes pela presença de E. coli, nos mostra a fragilidade do processo de produção e manipulação. quanto a falhas higiênico-sanitárias. Além dos riscos microbiológicos, a presença de perigos físicos e a ausência de cloro residual também apontam para práticas inadequadas que comprometem a qualidade final.

De forma sintética, a literatura analisada evidencia que os parâmetros de potabilidade da água, não contemplando integralmente as especificidades do gelo, o que evidência a necessidade de aprimoramento normativo ou até mesmo a criação de uma regulamentação específica. A inclusão de limites claros para microrganismos psicotrópicos, mesófilos e indicadores de patógenos relevantes seria um avanço importante para assegurar maior segurança ao consumidor.

Nesse contexto, a adoção rigorosa das BPF é indispensável. As medidas abrangem desde a higiene dos manipuladores até a manutenção das máquinas e o controle constante da qualidade da água empregada na produção. Mais do que possuir um plano bem estruturado, é essencial que ele seja efetivamente praticado no cotidiano, o que depende de capacitação contínua e conscientização de todos os envolvidos.

Por fim, esta revisão contribui ao sistematizar evidências dispersas sobre a qualidade do gelo no contexto da segurança alimentara e reforça a importância de que a vigilância sanitária intensifique o monitoramento do gelo, o considerando, um alimento suscetível à contaminação em toda a sua cadeia produtiva. Somente com fiscalização ativa, boas práticas consolidadas e legislação adequada será possível garantir um produto seguro e alinhado aos padrões higiênico- sanitários esperados.

REFERÊNCIAS

[1] BALDIN, J. C. et al. Qualidade microbiológica do gelo utilizado na conservação de pescado. Global Science and Technology, v.9, n. 2, 2016. p. 74 - 78.

[2] BATISTA, A. B; ALVES, L. M. C. Avaliação microbiológica do gelo de restaurantes e lanchonetes dos shoppings da cidade de São Luís-MA. Revista Higiene Alimentar, 2011.

[3] Binoti, Mirella L.; Ramos, Afinso Mota. Conservação de alimentos: uma visão mais saudável. HU Revista, jul/dez 2015. v. 41, n. 3 e 4, p. 171-179.

[4] BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n° 274, de 22 de SETEMBRO DE 2005. Regulamento técnico pra água envasadas e gelo, Brasilia, 23 setembro 2005.

[5] BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação n° 5 , de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de saúde. Diário oficial, Brasilia, 03 outubro 2017.

[6] BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria GM/MS n° 888, de 4 de maio de 2021. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, 2021.

[7] BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria n. 36 de 19 de Janeiro de 1990. Dispõe sobre as normas e o padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasilia, 23 jan 1990.

[8] BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria n.518, de 25 de març. Estabele os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasilia, 26 Março 2004. 26.

[9] BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria n° 2.914, 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasilia, 2011.

[10] CANDEIAS, G. M. R. Qualidade Microbiológica do Gelo Usado em Estabalecimentos de Restuaração e de Bebidas. Dissertação (Mestrado em Segurança Alimentar e Saúde Pública) Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz. [S.l.]. 2014.

[11] Carvalho, Lisandra Maria da Silva; Oliveira, Edison Araújo de. Avaliação Físico-Química, Microbiológica e Macroscópica do Gelo Comercializado no Município de Teresina-PI. Revista Caderno Cajuína, V.3 n.1 , Maio 2018.

[12] DE PAULA, C. L. B. Avaliação de parâmetros microbiológicos, físico-químicos e de rotulagem de gelos em cubo comercializados em Cuiabá, MT. INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO GROSSO - CAMPUS CUIABÁ -

[13] BELA VISTA. Trabalho de Conclusão do Curso de engenharia de alimentos, Cuiabá. 2017.

[14] DUARTE, G. P. et al. Microbiologia do gelo utilizado para conservação do pescado: uma revisão de literatura. Revista Diálogos Acadêmicos, Fortaleza, v.12, n. 01, jan/jun, 2023. p. 29-32.

[15] DUARTE, G. P.; SILVA FILHO, P.S.; AGUIAR, L. P. Microbiologia do gelo utilizado para conservação do pescado: Uma revisão de literatura. IX JORNADA DE NUTRIÇÃO - UNIFAMETRO. [S.l.]. 2022.

[16] Duarte, G.P. et al. Análise microbiológica e físico-química do gelo utilizado na conservação de pescado em supermercados de Rio Branco-AC. Ars Veterinaria, v. 38 n. 2, 2022. P. 36-42. FALCÃO, J. P. et al. Microbiological quality of ice used to refrigerate foods. Food Microbiology, v. 19, n. 4, p. 269-276, 2002.

[17] FALCÃO, J. P. et al. Pesquisa. Revista Higiene Alimentar, São Paulo, v. 18, n. 116, p 30-38, 2004.

[18] Ferreira, Caroline Thalita Queiroz et al. Avaliação parasitológica e bacteriológica do gelo comercializado na cidade de Juazeiro do Norte - CE. Higiene Alimentar - Vol. 30, n 252/253 janeiro/fevereiro 2016.

[19] FERREIRA, E. M. et al. Qualidade microbiológica do peixe serra (Scomberomerus brasiliensis) e do gelo utilizado na sua conservação. Arquivos do Instituto Biológico, v. 81, n. 1, p. 49-54, 2014.

[20] GIAMPIETRO, A; REZENDE-LAGO, N. C. M. Qualidade do gelo utilizado na conservação de pescado

fresco. Arquivos do Instituto Biológico, São Paulo , v. 76, n. 3, p. 505-508 2009. INMETRO, Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecn. Relatório da Análise de gelo para consumo humano. Programa de Analise de Produtos, Rio de Janeiro, 2015.

[21] JAY, J. M. Microbiologia de alimentos. São Paulo: Artmed: [s.n.], 2005.

[22] LATEE, F, A. et al. The microbiological quality of ice used to cool drinks and foods in Ogbomoso Metropolis. Internet Journal of Food Safety, Southwest, Nigeria, 2006. v. 8, p. 39-43.

[23] LEONARDI, , J.G.; Azevedo, B.M. étodos de conservação de alimentos. Revista Saúde emFoco, 2018. v.10, n. 1.

[24] LIMA, E. C.; STAMFORD, T. L. M. Cryptosporidium spp. no ambiente aquático: aspectos relevantes da disseminação e diagnóstico. Ciência & Saúde Coletiva, v. 8, n.3, p. 791-800, 2003.

[25] LOPES, R.L.T. conservação de alimentos. Minas Gerais. 2007.

[26] Massareto, F. M. et al. Determinação de coliformes em gelo potável comercializado no municipio de Campo Mourão - PR. Rev. Saúde e Biol., v.15, n.1, JAN/ABR 2020. p.36-39.

[27] NICHOLS, G.; GILLESPIE, I; LOUVOIS, , J. The microbiological quality of ice used to cool drinks and ready-to-eat food from retail and catering premises in the United Kingdon. Journal of Food Protection, v. 63, n. 1, p. 78-82 2000.

[28] PENHA, I. C. S. Microbiologia do gelo utilizado na conservação do pescado em um mercado municipal de Belém, PA. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 9, p. 66713-66724, 2020.

[29] SCHERER, R. et al. Efeito do Gelo Clorado Sobre Parametros Quimicos e Microbiologicos da Carne de Carpa Capim (Ctenopharyngodon idella). Ciênc. Tecnol. Alimentos, Campinas, v. 24, n. 4, p. 680-684, 2004.

[30] SENHORINHO, J.M; CARVALHO, L.R. Avaliação microbiológica de gelo destinado ao consumo humano comercializado na cidade de Itabuna-Bahia. Revista Eletrônica de Farmácia, v. 14, n. 2, p. 15-22, 2017.

[31] SIQUEIRA, L. P. et al. Avaliação microbiológica da água de consumo empregada em unidades de alimentação. Revista Ciência e Saúde Coletiva, v. 12, n. 3, p. 575-580, 2007.

[32] SOUZA, E. C. et al. Análise microbiológica do gelo produzido e comercializado na cidade de Maceio-AL. Revista Saúde e Tecnologia, 2018.

[33] VIEIRA, R. H. S. F.; SOUZA, O. V.; PATEL, T. R. Bacteriological quality of ice used in Mucuripe Market. Food Control, Fortaleza, Brasil, v. 8, n. 2, p. 83-85, 1997.

Capítulo 12

Estudo da qualidade da água de chafarizes moedeiros comercializada no município de Currais Novos-RN

Jamyle Grazyella Silva Araújo
Isandra de França Medeiros
Luan Ícaro Freitas Pinto

Resumo: A água é um recurso vital para sobrevivência e indispensável à saúde e às necessidades básicas da população, sendo essencial para diversas atividades econômicas e sociais. Nesse contexto, a solução alternativa coletiva (SAC) consiste em uma modalidade de abastecimento coletivo destinada a fornecer água potável em áreas onde não há rede pública. A área de estudo compreendeu o município de Currais Novos. Para levantamento dos dados da pesquisa, foram utilizados os resultados das análises físico-química e microbiológicas das águas comercializadas por chafarizes, coletados por meio do Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água de Consumo Humano (SISAGUA), devidamente autorizadas e liberadas pelo órgão sanitário. A metodologia aplicada foi a APHA para análise dos parâmetros analisados, dentre eles cloro residual livre, turbidez, sólidos totais dissolvidos (STD), nitrito, fluoreto, além de Coliformes a 35 °C e Coliformes a 45 °C. De acordo com os resultados obtidos, verificou-se que os parâmetros de cloro residual livre, Coliformes a 35 °C e Coliformes a 45 °C apresentaram valores insatisfatórios em relação aos padrões estabelecidos pela Portaria 888/2021. O fluoreto apresentou concentrações dentro dos limites legais, porém inferiores ao valor considerado ideal para a prevenção de cárie dentária. Para os demais parâmetros como, turbidez, STD e nitrito, todas as amostras analisadas encontram-se em conformidade com a legislação vigente. Propõe-se, portanto, ações de melhoria, incluindo o fortalecimento da fiscalização, a promoção de programas de educação, conscientização da população, bem como a manutenção adequada da infraestrutura de captação e distribuição.

Palavras-chave: Potabilidade da água, consumo humano, chafarizes eletrônicos, vigilância sanitária.

1. INTRODUÇÃO

A água desempenha papel fundamental na vida humana, estando diretamente relacionada às atividades cotidianas. Trata-se de um recurso indispensável à sobrevivência e ao bem-estar, uma vez que exerce diversas funções fisiológicas no organismo, tais como a hidratação, o transporte de nutrientes para as células e a regulação da temperatura corporal. Estima-se que aproximadamente 70% da composição corporal humana seja constituída por água, o que evidencia sua relevância na promoção da saúde (Carmo et al., 2015; Pereira et al., 2024).

Além de sua importância biológica, a água é essencial para o atendimento das necessidades básicas da população, bem como para o desenvolvimento de diversas atividades econômicas e sociais. No contexto do Rio Grande do Norte, especialmente nas regiões semiáridas, a potabilidade da água configura-se como uma preocupação crescente, em decorrência da escassez hídrica durante os períodos de estiagem e da desigualdade no acesso a esse recurso. Em diversas cidades potiguares, a comercialização de água potável, sobretudo por meio de chafarizes, tem se consolidado como uma alternativa relevante para garantir o abastecimento da população. Contudo, a qualidade da água disponibilizada nesses pontos de fornecimento constitui um aspecto fundamental que demanda atenção, uma vez que está diretamente associada à saúde pública e à qualidade de vida da população (SUDENE, 2021).

A qualidade da água destinada ao abastecimento público no sertão nordestino pode ser influenciada por diversos fatores, tais como a sazonalidade, o regime de chuvas e a presença de contaminantes no solo e nos corpos hídricos. Dessa forma, torna-se imprescindível o monitoramento contínuo da qualidade da água, bem como a adoção de medidas que assegurem a segurança da água distribuída à população (Oliveira, 2019).

A solução alternativa coletiva (SAC) consiste em uma modalidade de abastecimento de água destinada a fornecer água potável, com captação subterrânea ou superficial, com ou sem canalização e sem rede de distribuição, em áreas desprovidas de sistema público de abastecimento. Essas soluções podem apresentar diferentes arranjos, os quais são classificados de acordo com o tipo de manancial (subterrâneo ou superficial) e a forma de distribuição da água, como chafarizes ou torneiras públicas, veículos transportadores ou carroças. O chafariz, nesse contexto, caracteriza-se como uma unidade física composta por um compartimento de reservação de água, geralmente construído em alvenaria, concreto ou chapas metálicas, e por outro compartimento destinado à coleta da água por meio de torneiras (Brasil, 2020).

No Brasil, os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água destinada ao consumo humano, bem como os critérios referentes ao padrão de potabilidade, encontram-se regulamentados pela Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Essa normativa atualiza as diretrizes estabelecidas no Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, que dispõe sobre as ações e os serviços de saúde no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS) (Brasil, 2017; Brasil, 2021). Ademais, a legislação estadual estabelece, por meio da Portaria Conjunta nº 05, de 4 de março de 2021, as diretrizes e os requisitos para a instalação, o funcionamento e a comercialização de água para consumo humano por meio de chafarizes.

O chafariz eletrônico caracteriza-se como um sistema moedeiro que opera a partir de pulsos responsáveis pela liberação de água conforme a inserção de moedas nos valores de R$ 0,25, R$ 0,50, R$ 1,00 e R$ 2,00. O equipamento possui um sistema de programação que regula a quantidade de água dispensada de acordo com o valor selecionado pelo

consumidor. O abastecimento desses chafarizes é realizado por caminhões-pipa específicos para o transporte de água potável, devidamente licenciados (Junior, 2023). A água utilizada para o abastecimento da maioria desses sistemas é proveniente de poços localizados na própria região e/ou de fontes situadas na região de Natal/RN.

Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água comercializada em chafarizes eletrônicos localizados no município de Currais Novos/RN, a fim de verificar sua conformidade com os critérios estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021.

2. METODOLOGIA

A área de estudo compreendeu o município de Currais Novos, localizado na região do Seridó, no estado do Rio Grande do Norte. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano de 2022 o município possuía uma população de 41.313 habitantes e, em 2025, uma população estimada de 42.922 habitantes, com densidade demográfica de 47,80 habitantes/km^2 e área territorial de 864,349 km^2 (IBGE, 2022).

Para o levantamento dos dados da pesquisa, foram utilizados os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das águas comercializadas por chafarizes, obtidos por meio do Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA), devidamente autorizadas e liberadas pelo órgão sanitário competente. Os dados foram disponibilizados por meio do envio de relatórios de laudos analíticos via correio eletrônico e também se encontram disponíveis de forma on-line no painel de vigilância da qualidade da água para consumo humano do Ministério da Saúde, contudo não são apresentados de maneira detalhada.

O processo de coleta das amostras de água foi realizado pelo setor de Vigilância Sanitária, em parceria com a Vigilância Ambiental da Secretaria de Saúde Pública (SESAP), por meio do Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Vigiágua), do Governo Federal, cujo objetivo contribuiu para a gestão dos riscos à saúde associados à qualidade da água destinada ao consumo humano. Os dados foram inseridos no SISAGUA por profissionais das áreas da saúde ou ambiental devidamente habilitados e capacitados, os quais registraram as formas de abastecimento de água existentes nos municípios, bem como informações relativas à qualidade da água captada, tratada e distribuída para consumo humano (Brasil, 2024).

De forma complementar, conforme informado pelo responsável pelo Programa Vigiágua, as coletas ocorreram sob a atuação dos agentes sanitários e, posteriormente, encaminhadas ao Laboratório Regional de Caicó (LAREC) para fins analíticos, seguindo rigorosamente as diretrizes estabelecidas no Manual Prático de Análise de Água (Brasil, 2021). Os municípios que possuem o programa implementado dispõem de um limite mensal de coletas, definido de acordo com o número populacional. No município de Currais Novos, são realizadas, em média, 10 coletas quinzenais, as quais podem ocorrer em quaisquer estabelecimentos sujeitos à fiscalização do referido órgão.

Os técnicos do laboratório supracitado realizaram as análises físico-químicas de fluoreto, sólidos totais dissolvidos, turbidez e nitrito, bem como as análises microbiológicas de Coliformes a 35 °C e Coliformes a 45 °C, conforme os métodos descritos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2023). Os parâmetros nitrato e ferro não foram analisados devido à indisponibilidade de insumo.

Vale ressaltar que, o município possui em média 100 chafarizes cadastrados, no entanto, para o referido estudo foram disponibilizados os laudos de 50% destes, totalizando 51 resultados efetuados em diferentes chafarizes distribuídos em bairros distintos da zona urbana. As coletas ocorreram no período da manhã, durante os meses de janeiro a dezembro de 2025.

Após observação dos resultados encontrados no sistema, efetuou-se a análise estatística com cálculo da média e desvio padrão e confrontou-se com os parâmetros determinados pelas normas sanitárias para precisar se as águas distribuídas nas fontes eletrônicas são próprias para o consumo humano.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. ANÁLISES DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

A Portaria 888 de 04 de maio de 2021 define que água para consumo humano, independentemente da sua origem e destinada à ingestão, preparação de alimentos e à higiene pessoal, deve ser potável e atender aos critérios de potabilidade, sem oferecer riscos à saúde do consumidor. Os resultados obtidos das análises físico-químicas e microbiológicas das coletas realizadas pelos agentes sanitários dos municípios de Currais Novos encontram-se dispostos na Tabela 1 e foram comparados aos valores máximos permitidos pela legislação pertinente.

Tabela 1 - Resultado médios das análises físico-químicos das amostras de água potável

Parâmetros	Média	Legislação (VMP)*
Turbidez (uT)	0,67 ± 0,5	5,0
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	45,81 ± 0,5	500
Nitrito (mg/L)	0,1 ± 0,6	1,0
Fluoreto (mg/L)	0,2 ± 0,1	1,5
Cloro residual livre (mg/L)	0,03 ± 0,05	0,2 - 2,0

*Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021.

Fonte:Autoria própria, 2026.

A turbidez é o parâmetro que mede o nível de dificuldade que a luz tem para atravessar a água, a presença de materiais sólidos em suspensão pode reduzir a sua transparência, bem como a presença de algas, matéria orgânica, areia, zinco, ferro e manganês (Brasil, 2013).

Todos os testes realizados nas amostras demonstraram que os valores de turbidez estão dentro dos limites estipulados pelo Ministério da Saúde, que estabelece um limite de até 5,0 NTU (Brasil, 2021), indicando que a água possui poucas partículas sólidas em suspensão, além de pequenas quantidades de materiais orgânicos em decomposição e sais dissolvidos na água. Em pesquisa realizada por Paiva (2024) foi possível observar que todos os resultados para o mesmo parâmetro estão em conformidade com a legislação, assim como Arruda (2024), que encontrou níveis variando de 0,03 mg/L a 0,55 mg/L.

Em relação ao parâmetro de fluoreto, este é um importante indicador, pois representa proteção ou risco à saúde dentária, consequentemente interfere diretamente na saúde pública. Por esse motivo, a análise deve ser investigada de forma periódica. Sua

concentração na água pode alcançar até 1,5 mg/L, conforme dispositivo normativo. Os valores médios obtidos para fluoreto foram de 0,2 ± 0,1, mesmo estando dentro dos padrões exigidos pela norma sanitária, esse quantitativo baixo pode proporcionar cárie dentária (Frazão et al., 2018). Um estudo realizado em alguns municípios brasileiros com população acima de 50 mil habitantes, aponta que apenas 53% destes executam o heterocontrole da água e possuem fluoretação, com resultados mais expressivos nas regiões Sudeste e Sul do país, porém, esses dados estão indisponíveis em páginas eletrônicas do Ministério da Saúde (Belloti, 2019).

O cloro é uma substância química, a qual é empregada para desinfecção da água, com objetivo de eliminar microrganismos patogênicos presentes na água, por isso, é necessário que seja feito um monitoramento de sua concentração para impedir problemas relativos à saúde pública (Soares et al., 2016). Como recomendação, a Portaria 888/2021 do Ministério da Saúde, preconiza a obrigatoriedade da manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre. No entanto, conforme observado na tabela 01 a média para este parâmetro foi de 0,03 encontrando-se muito abaixo do valor mínimo estabelecido. Este fato deve-se à falta de controle e monitoramento por parte dos proprietários dos chafarizes. Ainda com relação a esse parâmetro, observa-se a problematização da adição desse produto na água, em razão do sabor residual apontado pelos consumidores.

Um estudo realizado por Junior (2023) os valores obtidos variaram entre 0,1 a 1,04 mg/L, estando apenas uma amostra fora da faixa estabelecida pela portaria. Azevedo et al. (2019), identificou que 85% das amostras analisadas do sistema de distribuição de água do Bairro em Itabaiana/SE estavam em concordância com a legislação vigente, relacionado a concentração de cloro residual livre, compreendidas entre 0,2 mg L^{-1} e 1,95 mg L^{-1}.

Araújo e Almeida (2025), em seu trabalho sobre a Quantificação do cloro residual livre no abastecimento de água do município de Paraíso do Tocantins e avaliação da sua eficiência no controle de microrganismos, ao analisar os dados, observou-se uma recorrência de concentrações de cloro livre abaixo dos padrões estabelecidos nos pontos de coleta durante 3 meses consecutivos.

Silva et al. (2019) ao estudarem o tempo de decaimento do cloro em reservatórios de distribuição de água observaram que a variação temporal da concentração simulada de cloro residual livre refletiu o modo de operação de cada reservatório, sendo observado para os reservatórios com tempo de detenção hidráulica alta, maior grau de degradação do desinfetante, visto que a água permanece estagnada por maior período. Diante das constatações sugere que a água sai da fonte para a distribuição com níveis aceitáveis, entretanto, o cloro vai sendo consumido ao longo do sistema (reservatórios). É necessário identificar quais fatores estão tendo maior influência neste processo.

A definição para Sólidos Totais Dissolvidos (STD) como todos os sais e componentes não iônicos, advindos do processo de intemperismo, sendo este o principal processo responsável por liberar e formar espécies iônicas encontradas nos corpos d'água (Piratoba, 2017). Esse parâmetro estabelece as condições ambientais a partir do pressuposto de que os sólidos podem ocasionar impactos à vida aquática, visto que sua presença está ligada a existência de matéria dissolvida e impedimento da penetração da luz no corpo d'água ou ainda intervir na sedimentação do leito dos rios (Nogueira et al., 2015; CETESB, 2018). Conforme resultado encontrado no presente estudo (45,81 mg/L), para este parâmetro, todas as amostras analisadas estavam abaixo do limite preconizado pela Portaria 888/2021 que é 500 mg/L.

Dos Santos et al. (2019), ao analisar suas amostras em chafarizes, obtiveram média de 118,57 mg/L para níveis de STD, ambas se encontram em conformidade. Esses valores foram inferiores aos registrados por Bezerra et al. (2017) nos chafarizes de Fortaleza, que atingiram 221,4 mg/L. Com base nesses dados, constata-se que a água dos chafarizes não apresenta concentrações altas de sólidos totais dissolvidos.

Os íons nitrito e nitrato são largamente encontrados nos alimentos, associados a moléculas orgânicas, resultante do ciclo do nitrogênio e da utilização de fertilizantes nitrogenados. Sendo assim, a ingestão de alimentos e consumo de águas contaminadas constituem as principais vias de intoxicação humana por nitrito, pois há alimentos que possuem naturalmente nitrito e nitrato (Parvizishad et al., 2017).

O resultado obtido para nitrito no presente estudo foi de 0,1 ± 0,6 mg/L. Já, a concentração de nitritos nas águas no estudo de Silva et al., (2025) que trata da Análise da potabilidade da água de chafarizes no Núcleo Velha Marabá, no Município de Marabá, apresentaram baixos valores, mantiveram-se praticamente nos mesmos níveis nos 3 pontos analisados. Esses valores justificam-se pela instabilidade desta forma de nitrogênio em meio aquoso. O aumento de teor de nitrito pode ocorrer por conta de contaminação do poço por alguma fossa que possa ter transbordado, ou ainda pela chuva que possa ter ocorrido nas 48 horas antes da realização das coletas. A Portaria n° 888/2021 do Ministério da Saúde determina o valor máximo permitido (VMP) de até 1 mg/L.

Em relação aos parâmetros microbiológicos conforme demonstrado no Quadro 1, 25,5% das amostras analisadas apresentaram resultado insatisfatório para Coliformes a 45 ºC, estando fora dos limites estabelecidos, devendo ser ausente, de acordo com a legislação vigente. Em 100% das amostras coletadas foram detectadas a presença de Coliformes a 35 ºC, em contraponto ao que preconiza a portaria Nº 888, que exige ausência em 100 ml da amostra. Resultados semelhantes foram descritos por Arbos et al. (2017), em 4 amostras quantificou-se Coliformes a 35 ºC e em duas destas foram identificadas a presença de *E. coli.*

Quadro 1 - Resultados das análises microbiológicas

Parâmetro	Resultado	% de não conformidades	Legislação*
Coliformes a 35 °C (ausência em 100mL)	Presença	100	Ausência
Coliformes a 45 °C (ausência em 100mL)	Presença	25,5	Ausência

*Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021.

Fonte: Autoria própria, 2026.

Em pesquisa conduzida por Medeiros et al. (2020) avaliou-se a qualidade microbiológica (Coliformes a 35 °C e Coliformes a 45 °C) da água de fonte alternativas de abastecimento localizados na região Seridó (Currais Novos e Lagoa Nova-RN) foi constatada que 33% das amostras não se encontravam próprias ao consumo humano e que 67% atenderam os padrões legislativos, demonstrando aptidão ao consumo.

A presença de Coliformes na água indica a possibilidade da presença de enteropatógenos, dentre eles a *E. coli*. Bezerra et al. (2017). No estudo sobre análise da potabilidade de água oriundos de chafarizes de dois bairros localizados no município de Fortaleza, foram

identificados resultados positivos para *Escherichia coli,* uma espécie de bactéria que integra o grupo coliforme termotolerante e que é empregada como indicador de contaminação de um corpo d'água por esgotos domésticos, uma vez que tais microrganismos são abundantes em fezes humanas e animais homeotérmicos (Tortora et al., 2017).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sabe-se que a água é um recurso essencial para sobrevivência humana, e que sua disponibilidade na região semiárida nordestina é escassa devido à baixa pluviosidade anual. Por esse motivo, torna-se importante o uso de sistemas alternativos coletivos de abastecimento à população, por serem uma ferramenta viável para distribuição de água potável de forma mais acessível e econômica.

Verificou-se que os parâmetros de cloro residual livre, Coliformes a 35 °C, Coliformes a 45 °C e fluoreto apresentaram valores insatisfatórios quanto aos padrões estabelecidos pela Portaria 888/2021. Para os demais parâmetros como, turbidez, STD e nitrito, todas as amostras analisadas encontram-se em conformidade com a legislação vigente.

Nesse sentido, a proposição de ações de melhoria, incluindo o fortalecimento da fiscalização, a promoção de programas de educação e conscientização da população e a manutenção adequada das infraestruturas de captação e distribuição, mostra-se essencial.

Essas medidas visam assegurar que as águas comercializadas em chafarizes eletrônicos estejam em conformidade com a legislação vigente e contribua efetivamente para a proteção da saúde pública. Assim, a preservação e a melhoria da qualidade da água configuram-se como responsabilidades compartilhadas entre os órgãos competentes e a sociedade, com vistas à promoção da sustentabilidade e do bem-estar coletivo.

REFERÊNCIAS

[1] AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA); AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA); WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF). **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 24. ed. Washington, DC: APHA, 2023.

[2] ARAÚJO, T. L.; ALMEIDA, R. F. B. Quantificação do cloro residual livre no abastecimento de água do município de Paraíso do Tocantins e avaliação da sua eficiência no controle de microrganismos. **Revista Sítio Novo**, Palmas, v. 9, p. 1–17, 2025. Disponível em:https://sitionovo.ifto.edu.br/index.php/sitionovo/article/view/1716/940. Acesso em: 18 dez. 2025.

[3] ARBOS, K. A. et al. Qualidade microbiológica da água para consumo humano no Loteamento Nova Esperança: litoral sul da Paraíba e sua importância para a saúde pública. **Revista de Ciências da Saúde Nova Esperança**, v. 50, p. 56, 2017. Disponível em:https://revista.facene.com.br/index.php/revistane/article/view/44. Acesso em: 20 dez. 2025.

[4] ARRUDA, A. T. F. **Estudo da Qualidade da Água Mineral comercializada em Chafarizes Eletrônicos de Cidades do Médio Oeste Potiguar - RN.** 2024. 51f. Monografia (Curso de Bacharel em Ciência e Tecnologia) — Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Caraúbas, 2024. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/items/3a5b4a97-6aa0-43a8-8a98-b5f7a40389d3. Acesso em: 20 dez. 2025.

[5] AZEVEDO, A. C. R et al. Avaliação da concentração de cloro residual livre na rede de distribuição de água em um bairro de Itabaiana/SE. In: **Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe**, 12., 2019, Aracaju. *Anais* [...]. Aracaju, 2019. Disponível em: https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=4715. Acesso em: 18 dez. 2025.

[6] BELOTTI, Lorrayne et al. Fluoretação da água de abastecimento público: produção e disponibilidade das informações em questão. **Revista Baiana de Saúde Pública**, v. 43, n. 1, p. 194-208, 2019. Disponível em: https://rbsp.sesab.ba.gov.br/index.php/rbsp/article/download/2955/2671?inline=1. Acesso em: 16 dez. 2025.

[7] BEZERRA, A. D. A. et al. Análise da potabilidade de água de chafarizes de dois bairros do município de Fortaleza, Ceará. **Acta Biomedica Brasiliensia**, v. 8, p. 24–34, 2017. Disponível em: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6060940. Acesso em: 16 dez. 2026.

[8] BRASIL. Ministério da Saúde. (2021). **Portaria GM/MS No 888, de 4 de maio de 2021.** Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017. que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 7 maio 2021. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br. Acesso em: 05 dez. 2025.

[9] BRASIL. Ministério da Saúde**. Manual Prático de análise de água.** 4. ed. Brasília: FUNASA, 2013.

[10] BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Saúde Ambiental, do Trabalhador e Vigilância das Emergências em Saúde Pública. **Curso básico de vigilância da qualidade da água para consumo humano : módulo II : abastecimento de água : aula 1**. Brasília: Ministério da Saúde, 2020. 14 p. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/curso_basiso_vigiliancia_qualidade_agua_modulo_II_aula_1.pdf. Acesso em: 07 dez. 2025.

[11] BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. **Guia para implementação da norma de qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2024. 131 p. ISBN 978-65-5993-669-4. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_implementacao_norma_qualidade_agua.pdf. Acesso em: 12 dez. 2025.

[12] BRASIL. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE)**. Semi-árido brasileiro**. Brasília: Sudene, 2021. Disponível em:https://www.sudene.gov.br/index.php/semi-arido-brasileiro. Acesso em: 07 dez. 2025.

[13] CARMO, R. F.; BEVILACQUA, P. D.; BARLETTO, M. Social representations of drinking water: subsidies for water quality surveillance programmes. **Journal of Water and Health**, v. 13, n. 3, p. 671–679, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/281394049_Social_representations_of_drinking_water_Subsidies_for_water_quality_surveillance_programmes. Acesso em: 07 dez. 2025.

[14] CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem**. São Paulo, 2018. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2019/12/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-das-Vari%C3%A1veis.pdf. Acesso em: 12 dez. 2025.

[15] DOS SANTOS, Moises C. et al. Determinação de propriedades físico-químicas de águas do Chafariz do Município de Cuité-PB. **Educação, Ciência e Saúde**, v. 6, n. 1, p. 19, 2019. Disponível em: https://periodicos.ces.ufcg.edu.br/periodicos/index.php/99cienciaeducacaosaude25/article/view/217 .Acesso em: 15 dez. 2025.

[16] FRAZÃO, P. et al. O modelo de vigilância da água e a divulgação de indicadores de concentração de fluoreto. **Saúde em Debate**, v. 42, n. 116, p. 274–286, 2018. Disponível em: https://www.saudeemdebate.org.br/sed/article/view/21. Acesso em: 15 dez. 2025.

[17] IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Currais Novos (RN): panorama. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/currais-novos/panorama. Acesso em: 10 dez. 2025.

[18] JUNIOR, I. E. S.; JUNIOR, O. S. L. Análise físico-química e microbiológica de chafariz eletrônico de água para consumo humano no município de Mossoró-RN. **Revista OWL**, Campina Grande, v. 1, n. 2, ago. 2023. Disponível em: https://www.revistaowl.com.br/index.php/owl/article/view/45. Acesso em: 18 dez. 2025.

[19] MEDEIROS, I. F. et al. Qualidade microbiológica de águas de fontes alternativas de abastecimento do Seridó (RN). **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, p. 139–142, jan./mar. 2020. Disponível em: https://memoria.ifrn.edu.br/bitstream/handle/1044/2261/Qualidade_microbiologica.pdf. Acesso em: 18 dez. 2025.

[20] NOGUEIRA, F. F.; COSTA, I. A.; PEREIRA, U. A. Análise de parâmetros físico-químicos da água e do uso e ocupação do solo na sub-bacia do Córrego da Água Branca em Nerópolis–GO. 2015. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/An%C3%A1lise_de_par%C3%A2metros_f%C3%ADsicoqu%C3%ADmicos_da_%C3%A1gua_e_do_uso_e_ocupa%C3%A7%C3%A3o_do_solo_na_subbacia_do_C%C3%B3rrego_da_%C3%81gua_Branca_no_munic%C3%ADpio_de_Ner%C3%B3polis_%E2%80%93_Goi%C3%A1s.pdf. Acesso em: 13 dez. 2025.

[21] OLIVEIRA, F. M. S. de. **Avaliação da qualidade da água de chafarizes do município de Uruburetama, Estado do Ceará**. 2019. 45 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/62583. Acesso em: 18 dez. 2025.

[22] PARVIZISHAD, M. et al. A review of adverse effects and benefits of nitrate and nitrite in drinking water and food on human health. **Health Scope**, v. 6, n. 3, 2017. Disponível em: https://brieflands.com/articles/healthscope-14164.html. Acesso em: 13 dez. 2025.

[23] PAIVA, T. M. X**. Avaliação de qualidade da água mineral vendida em chafarizes eletrônicos no município Olho d'água do Borges – RN.** 2024. Trabalho acadêmico (Graduação) — Universidade Federal Rural do Semi-árido, UFERSA, 2024. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/items/7445db35-f40e-48ae-95f5-9f765abe1fb5. Acesso em: 16 dez. 2025.

[24] PEREIRA, Nadielle. C. et al. Avaliação microbiológica da qualidade da água em uma comunidade do município de Manacapuru - AM. **Revista da Aninter-SH**, *[S. l.]*, v. 1, p. 139–150, 2024. Disponível em: https://revistadaanintersh.org/index.php/anintersh/article/view/41. Acesso em: 17 dez. 2025.

[25] PIRATOBA, A. R. A. et al. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, n. 3, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1910. Acesso em: 16 dez. 2025.

[26] SILVA, A. R. et al. Análise da potabilidade da água de chafarizes no Núcleo Velha Marabá, no município de Marabá, Pará. **Research, Society and Development**, v. 14, n. 2, 2025. DOI: 10.33448/rsd-v14i2.48300. Disponível em: https://rsdjournal.org/rsd/article/view/48300/38004. Acesso em: 17 dez. 2025.

[27] SILVA, G. A. B. et al. Simulação do decaimento de cloro residual livre em reservatórios de distribuição de água. **Revista DAE**, n.218, v. 67, p. 93, jul./set. 2019. Disponível: https://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_218_n_1797.pdf. Acesso em: 14 dez. 2025.

[28] SOARES, S. S. et al. Avaliação de métodos para determinação de cloro residual livre em águas de abastecimento público. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 37, n. 1, p. 119–130, jan/jun. 2016 Disponível em: https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semexatas/article/view/21599/18097. Acesso em: 17 dez. 2025.

[29] TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. **Microbiologia**. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Autores

AUTORES

ALINE ARAÚJO QUEIROZ

Formada em Nutrição pela UNIGRANRIO - RJ e especializada em Gestão da Qualidade na Produção de Alimentos pela UNIRN - RN, onde adquiri amplos conhecimentos em segurança dos alimentos, controle de qualidade, gestão nos serviços de alimentação, educação nutricional e nutrição clínica.

BRUNA TISCHER

Possui Graduação em em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal do Rio Grande (2009), Graduação no Programa Especial de Formação de Professores para a Educação Profissional (PEG) pela Universidade Federal de Santa Maria (2013), Especialização em Ciência dos Alimentos com ênfase em Frutas e Hortaliças pela Universidade Federal de Pelotas (2015), Mestrado (2014) e Doutorado (2017) em Ciência e Tecnologia dos Alimentos pela Universidade Federal de Santa Maria. Desde 2017 é professora adjunta no Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos (ICTA), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e também professora permanente do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFRGS. Em 2021 participou do programa Professor pesquisador Junior nos Estados Unidos - Fulbright na Universidade do Tennessee, realizando pesquisas no departamento de Ciência dos Alimentos durante cinco meses. Tem experiência na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, atuando principalmente nos seguintes temas: preparo de amostras, extração e análise de compostos bioativos de materiais vegetais, análise de alimentos, desenvolvimento e validação de métodos de análise de alimentos, técnicas alternativas de extração de compostos bioativos, estudo, avaliação e aplicação de extratos vegetais obtidos de resíduos em alimentos.

ERIKA CRISTINA LOURENCO DE OLIVEIRA

Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2004), mestrado e doutorado em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte, especialização em Segurança do trabalho pela Universidade Potiguar e especialização em Ciencia e tecnologia dos alimentos pelo IFRN- Currais Novos (em conclusão). Atualmente é engenheira no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - Reitoria

GABRIELLE PORTELA ZANON

Aluna do Bacharelado em Agronomia do IFFar campus Júlio de Castilhos

ISANDRA DE FRANÇA MEDEIROS

Possui graduação em Química Industrial pela Universidade Estadual da Paraíba (2003), especialização em tutoria para as diversas licenciaturas a distância (2007) e especialização em Ciência e tecnologia de alimentos (2020) e mestrado profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos (2023). Atualmente é técnica de laboratórios em alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte e responsável técnica na empresa Luiz Samuel Solano. Apresenta experiência voltada a área de ciência e tecnologia de alimentos: leite, seus derivados, polpas de frutas e água potável, e na área de Química: saneantes domissanitários.

JAMYLE GRAZYELLA SILVA ARAÚJO

Possui graduação em Alimentos pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (2020), curso técnico em alimentos também pela mesma Instituição desde 2010 e especialização em Segurança Alimentar (2024) . É fiscal do quadro da vigilância sanitária da PREFEITURA DE LAGOA NOVA-RN, desde 2015 e de 2020-2024 exerceu o cargo de Diretora do referido setor. Tem experiência na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, com ênfase em Tecnologia de Alimentos, atuando principalmente no setor de controle de qualidade.

JUSSARA NAVARINI

AUTORES

Professora Adjunta do curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual do Rio Grande do sul- UERGS, Cruz Alta/RS

KELLY DE MORAES

Professora Adjunta do curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual do Rio Grande do sul- UERGS, Cruz Alta/RS

LARISSA POMINA DE SOUZA

Aluna do Bacharelado em Agronomia do IFFar campus Júlio de Castilhos

LUAN ÍCARO FREITAS PINTO

Tecnólogo em Alimentos, formado pelo IFPI (2013). Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos - UFC (2019). Atualmente é Professor no Instituto Federal do Rio Grande do Norte - IFRN, Campus Currais Novos para os Cursos de Especialização em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Tecnólogo em Alimentos e Técnico em Alimentos. Integrante do Grupo de Pesquisa em Tecnologia e Processamento de Alimentos (TECPA/IFPI) e no Grupo de Pesquisa em Ciência Animal e Tecnologia de Alimentos de Roraima (GAPA/IFRR). Tem experiência na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, com ênfase em Tecnologia de Alimentos, atuando principalmente nos seguintes temas: Desenvolvimento de Produtos, Bebidas Alcoólicas e não-alcoólicas, Controle de Qualidade, Tecnologia da Panificação, Tecnologia de Leite e Secagem.

MARIANE LOBO UGALDE

Possui graduação em Zootecnia pela Universidade Federal de Santa Maria (1996), mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos pela Universidade Federal de Santa Maria (2000) e doutorado em Engenharia de Alimentos pela Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (2014). Atualmente é Professora Titular do Instituto Federal Farroupilha. Tem experiência na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, com ênfase em Avaliação e Controle de Qualidade de Alimentos, atuando principalmente nos seguintes temas: leite e derivados, analise sensorial e desenvolvimento de produtos com alegações funcionais.

PÂMARA VIRNA CARLOS DE OLIVEIRA

Nutricionista pela UFRN

RAFAEL CARNEIRO DE SOUSA

Possui graduação em Tecnologia de Alimentos pelo Instituto Federal do Maranhão (2021) e mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Pelotas (2023). Atualmente está com doutorado em andamento pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Sua pesquisa de mestrado focou na caracterização e microencapsulamento de compostos bioativos presentes em flor de jambo-vermelho, produzidas no Maranhão. Durante a graduação, desenvolveu estudo sobre a influência de agente adoçante, farinha de mesocarpo de babaçu e pectina nas propriedades nutricionais de doce de entrecasca de melancia. Além disso, o profissional possui experiência no trabalho com resíduos, elaboração de produtos não convencionais e análises físico-químicas de alimentos e água. Atuou como bolsista DTI-C na Embrapa Clima Temperado, desempenhando o papel de laboratorista/recepção de amostras e operação de equipamentos, com dedicação exclusiva.

RAQUEL BRANDÃO

Cientista de Alimentos da Universidade Estadual do Rio Grande do sul- UERGS, Cruz Alta/RS

AUTORES

TASSIANE DOS SANTOS FERRÃO

Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha (IFFAR). Possui graduação em Farmácia, mestrado e doutorado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), além de possuir especialização em Educação. Orienta estudantes de mestrado no Programa de Pós-graduação em Educação Profissional e Tecnológica (ProfEPT) do IFRR Campus Boa Vista. Atua na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos na linha de pesquisa de Qualidade de Alimentos, e na área de Ensino, na linha de pesquisa de Organização e Memórias de Espaços Pedagógicos na Educação Profissional e Tecnológica.

ULIANA KARINA LOPES DE MEDEIROS

Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2002), mestrado e doutorado em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte, na sub-area Engenharia de Alimentos.. Atualmente é docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - Campus Currais Novos.

www.poisson.com.br
contato@poisson.com.br

@editorapoisson

https://www.facebook.com/editorapoisson